

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ANALYSE VOLCANOLOGIQUE, STRUCTURALE ET  
MÉTALLOGÉNIQUE DU SECTEUR DE DUNRAINE,  
ABITIBI-EST, VAL D'OR, QUÉBEC

MÉMOIRE  
PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR  
DAVID YERGEAU  
B.Sc.

DÉCEMBRE 2010

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

J'aimerais premièrement remercier mon directeur de recherche, Alain Tremblay, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée tout au long de ce travail de même que pour la grande confiance et la liberté qu'il m'a accordé. Merci également à mon co-directeur, Michel Gauthier, qui m'a grandement aidé à faire progresser ce projet grâce à sa connaissance des gîtes minéraux et aux discussions constructives que nous avons eues.

Un merci très spécial aux gens de la compagnie Alexis Minerals sans qui ce projet n'aurait pas été possible. Je pense tout particulièrement à Denys Vermette et Jean Girard qui m'ont épaulé tout au long de ce projet ainsi qu'à David Paquin, Sébastien Létourneau et Daniel D'Aoust. Merci également à mes assistants de terrain Claudine « timber » Nackers, Taoufiq Adadi, Manu Gagné, Rose-Anne Bouchard et P-E « La gazelle » Mercier qui ont tous souffert pour la bonne cause!

Je remercie pareillement Pierre Pilote et James Moorhead ainsi que Wulf Mueller pour leurs judicieux conseils, Shi Lang pour son support à la microsonde, Raymond Mineau et Raynald Lapointe pour leur aide avec le MEB et Michelle Laithier qui m'a grandement aidé afin de devenir autonome avec le logiciel Corel-Draw. Merci également à Damien Gaboury et Michel Jébrak qui ont relu ce mémoire avec attention afin de l'améliorer. De plus, je tiens à remercier tous les professeurs, chargés de cours, techniciens et étudiants que j'ai eu la chance de côtoyer durant mon parcours académique au département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère de l'UQÀM ainsi que tous les gens que j'aurais malencontreusement oubliés.

Ce projet n'aurait jamais vu le jour sans l'aide financière de DIVEX, du CRSNG, du FQRNT, du SEG (Society of Economic Geologists) et de la compagnie Alexis Minerals.

L'aboutissement de cette maîtrise n'aurait jamais été possible sans l'aide de mes parents et de Marie-« bichounette »-des-Neiges qui ont su me soutenir, m'encourager et me botter le derrière quand j'en avais le plus besoin.

## TABLE DES MATIÈRES

|   |     |
|---|-----|
| LISTE DES FIGURES .....   | vi  |
| LISTE DES TABLEAUX .....  | ix  |
| LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES .....                          | x   |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS .....                                      | xiv |
| RÉSUMÉ .....  | xv  |
| CHAPITRE I  |     |
| INTRODUCTION .....  | 1   |
| 1.1 Problématique .....   | 1   |
| 1.2 Objectifs .....   | 2   |
| 1.3 Méthodologie .....  | 2   |
| CHAPITRE II   |     |
| CONTEXTE GÉOLOGIQUE .....   | 6   |
| 2.1 Sous-Province de l'Abitibi .....                              | 6   |
| 2.2 Géologie de la région de Val d'Or .....                       | 12  |
| 2.2.1 Formation de Val d'Or .....                                 | 13  |
| 2.3 Minéralisations de la région de Val d'Or .....                | 14  |
| 2.3.1 Minéralisations du secteur de Dunraine .....                | 18  |
| CHAPITRE III  |     |
| CARACTÉRISATION VOLCANOLOGIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE.....             | 22  |
| 3.1 Géologie du secteur de Dunraine .....                         | 22  |
| 3.2 Les roches volcaniques effusives intermédiaires .....         | 27  |
| 3.2.1 Andésite basaltiques tholéiitiques .....                    | 27  |
| 3.2.2 Andésites transitionnelles à calco-alkalines .....          | 27  |
| 3.2.3 Andésites calco-alkalines .....                             | 28  |
| 3.3 Les roches volcaniques effusives felsiques .....              | 28  |
| 3.3.1 Dacites titanifères calco-alkalines .....                   | 28  |
| 3.3.2 Dacites calco-alkalines .....                               | 29  |
| 3.3.3 Rhyodacites calco-alkalines .....                           | 30  |
| 3.4 Les roches volcanoclastiques .....                            | 30  |
| 3.4.1 Roches volcanoclastiques andésitiques .....                 | 30  |
| 3.4.2 Roches volcano-sédimentaires fines .....                    | 30  |
| 3.4.3 Roches volcanoclastiques dacitiques et rhyodacitiques ..... | 31  |
| 3.5 Les roches volcaniques intrusives .....                       | 32  |



|  |    |
|--|----|
| 3.5.1 Gabbro tholéitiques .....                                | 32 |
| 3.5.2 Diorites transitionnelles .....                          | 32 |
| 3.5.3 Intrusion de Dunraine (diorite calco-alkaline) .....     | 32 |
| 3.5.4 Monzodiorites .....                                      | 33 |
| CHAPITRE IV  |    |
| CARTOGRAPHIE DES DÉCAPAGES .....                               | 38 |
| 4.1 Décapage D1 .....  | 38 |
| 4.2 Décapage D2 .....  | 43 |
| 4.3 Décapage D3 .....  | 46 |
| 4.4 Décapage D4 .....  | 47 |
| 4.5 Décapage D5 .....  | 50 |
| 4.6 Décapage D6 .....  | 50 |
| 4.7 Synthèse .....   | 59 |
| CHAPITRE V   |    |
| CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE .....                              | 62 |
| 5.1 Discrimination lithogéochimique .....                      | 62 |
| 5.1.1 Méthode analytique et limites de détection .....         | 62 |
| 5.1.2 Traitement des données .....                             | 63 |
| 5.1.3 Discrimination des roches volcaniques effusives .....    | 65 |
| 5.1.4 Discrimination des roches volcaniques intrusives .....   | 69 |
| 5.1.5 Discrimination des roches volcanoclastiques .....        | 71 |
| 5.1.6 Environnement tectonique .....                           | 80 |
| 5.2 Profils d'altération NORMAT .....                          | 82 |
| 5.2.1 Indice IFRAIS .....                                      | 83 |
| 5.2.2 Indice ICHLO .....                                       | 83 |
| 5.2.3 Indice ISER .....  | 84 |
| 5.2.4 Indice IPYRO .....                                       | 84 |
| 5.2.5 Indice IOR .....   | 85 |
| 5.2.6 Indice IPAF .....  | 85 |
| 5.3 Variations compositionnelles minéralogiques .....          | 89 |
| 5.3.1 Chlorite et micas blanc .....                            | 89 |
| 5.3.2 Rutile .....   | 91 |
| CHAPITRE VI  |    |
| CARACTÉRISATION STRUCTURALE .....                              | 93 |
| 6.1 Structures et microstructures du secteur de Dunraine ..... | 95 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.1.1 Schistosités .....   | 95  |
| 6.1.2 Cisaillements .....  | 96  |
| 6.1.3 Linéations .....   | 96  |
| 6.1.4 Plis $P_2$ .....   | 97  |
| 6.1.5 Plis en chevron .....  | 97  |
| 6.2 Veines de quartz .....   | 98  |
| 6.3 Chronologie des déformations et interprétations .....                                  | 103 |
| CHAPITRE VII   |     |
| CARACTÉRISATION DES MINÉRALISATIONS .....  | 106 |
| 7.1 Typologie des minéralisations du secteur de Dunraine .....                             | 106 |
| 7.1.1 Les sulfures et les tellurures .....   | 107 |
| 7.1.2 Les veines de quartz et la minéralisation aurifère .....                             | 111 |
| 7.2 Altérations reliées à la minéralisation .....  | 113 |
| 7.3 Origine exhalative ou remplacement? .....  | 116 |
| 7.4 Relations entre la minéralisation et la déformation régionale .....                    | 118 |
| CHAPITRE VIII  |     |
| DISCUSSION .....   | 125 |
| 8.1 Synthèse des observations .....  | 125 |
| 8.1.1 Géologie générale .....  | 125 |
| 8.1.2 Géologie structurale .....   | 126 |
| 8.1.3 Minéralisation et altération .....   | 127 |
| 8.2 Modèle génétique .....   | 129 |
| 8.3 Incidences pour l'exploration minière .....  | 133 |
| CONCLUSION .....   | 135 |
| RÉFÉRENCES .....   | 138 |
| APPENDICE A  |     |
| Résultats d'analyses des éléments majeurs et en traces des roches volcaniques par XRF .... | 147 |
| APPENDICE B  |     |
| Résultats des analyses à la microsonde .....   | 163 |
| APPENDICE C  |     |
| Résultats des analyses de métaux sur roche totale par absorption atomique .....            | 188 |
| APPENDICE D  |     |
| Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques .....                          | 190 |
| APPENDICE E  |     |
| Carte géologique du secteur de Dunraine (présentée en pochette) .....                      | 197 |

## LISTE DES FIGURES

| Figure  | Page |
|---|------|
| 2.1 Carte géologique simplifiée de la Province du Supérieur.....  | 7    |
| 2.2 Carte géologique simplifiée de la partie québécoise de la Sous-province de l'Abitibi.....   | 10   |
| 2.3 Modèle tectonique en plan de la formation de la zone volcanique sud de la Sous-province de l'Abitibi.....                                 | 11   |
| 2.4 Géologie simplifiée de la région de Val d'Or.....   | 15   |
| Légende de la figure 2.4.....   | 16   |
| 2.5 Localisation des zones minéralisées du secteur de Dunraine projetées sur la carte géologique produite au cours du projet.....             | 20   |
| 3.1 Localisation des stations ayant permis de réaliser la cartographie du secteur de Dunraine ainsi que le faciès des roches identifiées..... | 24   |
| 3.2 Cartographie simplifiée du secteur de Dunraine.....   | 25   |
| 3.3 Localisation des échantillons utilisés pour la fabrication de lames minces.....   | 26   |
| 4.1 Localisation des décapages projetés sur la carte géologique produite au cours de ce projet.....   | 40   |
| 4.2 Cartographie du décapage D1.....  | 41   |
| 4.3 Cartographie du décapage D2.....  | 45   |
| 4.4 Cartographie du décapage D3.....  | 48   |
| 4.5 Cartographie du décapage D4.....  | 49   |
| 4.6 Cartographie du décapage D5.....  | 53   |
| 4.7 Cartographie du décapage D6.....  | 54   |
| 4.8 Schéma d'un lobe d'andésite évoluant en brèche de coulée .....  | 55   |
| 4.9 Schéma de la zone de cisaillement au centre du décapage D6.....   | 56   |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 4.10 | Schéma de la relation entre un dyke de monzodiorite et des roches volcanoclastiques .....  | 60  |
| 5.1  | Diagrammes de discrimination des laves.....  | 73  |
| 5.2  | A) Diagramme de discrimination des laves et B) Diagramme de discrimination des intrusions.....   | 74  |
| 5.3  | Diagrammes de discrimination des intrusions.....   | 75  |
| 5.4  | Diagrammes de discrimination des roches volcanoclastiques.....   | 76  |
| 5.5  | Diagramme de discrimination des roches volcanoclastiques.....  | 77  |
| 5.6  | Diagrammes de discrimination de l'environnement tectonique des laves mafiques à intermédiaires.....  | 81  |
| 5.7  | Mise en plan des indices d'altération NORMAT IFRAIS et ICHLO (Piché et Jébrak, 2004).....  | 86  |
| 5.8  | Mise en plan des indices d'altération NORMAT ISER et IPYRO (Piché et Jébrak, 2004).....  | 87  |
| 5.9  | Mise en plan des indices d'altération NORMAT IOR et IPAF (Piché et Jébrak, 2004).....  | 88  |
| 5.10 | A) Diagramme AFM pour la composition des chlorites et des cordiérites, B) Diagramme AKF pour la composition des micas blancs.....                  | 90  |
| 5.11 | Variation compositionnelle des rutilés de la zone minéralisée .....  | 92  |
| 5.12 | Variation compositionnelle des rutilés de la mine Langlois (modifié de Clark et Williams-Jones, 2004).....   | 92  |
| 6.1  | Stéréonets montrant les principales fabriques du secteur de Dunraine.....  | 99  |
| 6.2  | Modèle schématique de formation des veines de quartz durant la déformation régionale.....  | 101 |
| 6.3  | Relation entre les deux orientations de veines de quartz sur le décapage D6.....   | 102 |
| 6.4  | Coupe structurale schématique nord-sud à la hauteur de la zone 4 de la mine Dunraine.....  | 105 |
| 7.1  | Diagramme de la compétence relative de la chalcoppyrite, de la sphalérite, de la pyrrhotite et de la galène (Modifié de Kelly et Clark, 1975)..... | 109 |

|     |  |            |
|-----|--|------------|
| 7.2 | Schéma des altérations reliées à la cheminé d'altération du SMV de Heyller, Tasmanie (Modifié de Gemmell et Large, 1992).....  | 114        |
| 7.3 | Diagramme de stabilité des phases dans le système $\text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ à 250°C (Modifié de Larson, 1984)..... | 115        |
| 7.4 | Distribution spatiale des minéralisations du camp minier de Matagami et du secteur de Dunraine.....  | 121        |
| 8.1 | Modèle génétique schématique de la formation des roches et des minéralisations du secteur de Dunraine.....   | 131<br>132 |

## LISTE DES TABLEAUX

| Tableau |  | Page     |
|---------|--|----------|
| 2.1     | Généralités sur les principales mines de sulfures massifs volcanogènes de la Formation de Val d'Or.....                | 19       |
| 2.2     | Généralités sur les zones minéralisées du secteur de Dunraine.....   | 21       |
| 3.1     | Récapitulatif des principales propriétés des lithologies présentes dans le secteur de Dunraine.....                    | 34<br>35 |
| 5.1     | Limites de détection des analyses par spectrométrie de fluorescence X (Données fournies par ALS Laboratory Group)..... | 66       |
| 5.2     | Valeur moyenne des éléments et ratios utilisés pour discriminer les roches du secteur de Dunraine.....                 | 78<br>79 |
| 6.1     | Comparaison des structures et des événements de déformation répertoriés par quelques auteurs.....                      | 94       |

## LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

|   | Page          |
|---|---------------|
| <b>Planche photographique I.....</b>  | <b>36</b>     |
| A      Brèche de coussin d'andésite porphyrique et vésiculaire.   |               |
| B      Microphotographie de phénocristaux de Fld faiblement altérés dans une lave andésitique.                        |               |
| C      Brèche de coulée andésitique avec une texture en « <i>jigsaw</i> ».  |               |
| D      Texture de « <i>flow banding</i> » faiblement développée dans une lave dacitique.                              |               |
| E      Roche volcano-sédimentaires fine à lits décimétriques.   |               |
| F      Microphotographie d'une roche volcano-sédimentaire fine, litée et riche en sphène et magnétite.                |               |
| <br><b>Planche photographique II.....</b>   | <br><b>37</b> |
| A      Tuf à lapillis polygénique dacitique calco-alcalin.  |               |
| B      Microphotographie d'un lapilli porphyrique dans la mésostase microcristalline d'un tuf à lapillis andésitique. |               |
| C      Monzodiorite syntectonique recoupant une andésite basaltique massive.  |               |
| D      Microphotographie d'un phénocristal de Plg altéré en carbonates dans une monzodiorite.                         |               |
| <br><b>Planche photographique III.....</b>  | <br><b>42</b> |
| A      Tuf à lapillis polygénique dacitique sur le décapage D1.   |               |
| B      Litage sédimentaire dans les roches volcanoclastiques altérées de la zone minéralisée du décapage D1.          |               |
| C      Dyke dioritique recoupant les roches volcanoclastiques du décapage D1.   |               |
| D      Roches volcano-sédimentaires felsiques fines lités du décapage D2.   |               |
| E      Failles synsédimentaires dans les roches volcano-sédimentaires fines du décapage D2.                           |               |
| F      Horizon à pyrite massive sur le décapage D2.   |               |

## **Planche photographique IV..... 52**

- A Zone de cisaillement riche en carbonates de fer sur le décapage D3.
- B Chenal montrant une polarité nord sur un horizon exhalatif du décapage D3.
- C Empreinte de charge montrant une polarité N sur le décapage D3.
- D Lapilli felsique avec une fabrique pré-déposition non parallèle à la schistosité sur le décapage D4.
- E Filonnets de chlorite massive recoupant la roche fortement altérée au sud du décapage D5.
- F Brèche pépéritique entre une diorite et les roches volcanoclastiques felsiques au nord du décapage D6.

## **Planche photographique V..... 61**

- A Granoclasement montrant une polarité vers le nord dans les tufs fins du décapage D6.
- B Lobe et brèche andésitique sur le décapage D6 (partie sud du schéma de la figure 4.7).
- C Dyke monzodioritique déformé recoupant les roches volcaniques du décapage D6.
- D Tuf à cristaux de plagioclase et lapillis felsiques sur le décapage D6.
- E Tuf dacitique à lapillis polygéniques de l'extrémité sud du décapage D6.

## **Planche photographique VI..... 100**

- A Tuf à lapillis felsique avec clastes allongés dans la schistosité S<sub>2</sub>.
- B Structure en étagère à livre d'un plagioclase orienté parallèlement à la linéation L<sub>2</sub> (lumière transmise polarisée analysée).
- C Veine de carbonates déplacée parallèlement à la linéation L<sub>2</sub> (lumière transmise polarisée).
- D Faille de chevauchement à vergence sud sur le décapage D2.
- E Linéation minérale subhorizontale L<sub>2,1</sub> dans le plan de schistosité S<sub>2</sub> sur le décapage D1.
- F Structure d'entraînement dextre de la schistosité S<sub>2</sub> dans l'axe de la linéation L<sub>2,1</sub> sur le décapage D5.



**Planche photographique VII..... 101**

- A Veines en échelon montrant un mouvement dextre sur le décapage D6.
- B Pli isoclinal dans des roches volcano-sédimentaires fines.
- C Deux familles de plis en chevron dans une zone de cisaillement sur le décapage D6.
- D Modèle de formation des plis en chevron.

**Planche photographique VIII..... 122**

- A Horizon minéralisé à pyrite et chalcoppyrite au nord de l'intrusion de Dunraine (décapage D2).
- B Roche volcanoclastique fortement altérée en chlorite et en séricite sur le décapage D3.
- C Veine centimétrique de pyrite et de chalcoppyrite transposée dans la schistosité sur le décapage D1.
- D Veine de quartz d'extension subhorizontale contenant de la pyrite et de la chalcoppyrite sur le décapage D1.
- E Pyrite subautomorphe légèrement cataclasée contenant des inclusions de chalcoppyrite (lumière réfléchie polarisée non-analysée).
- F Altération supergène en goethite des bordures et des fractures de la pyrite (lumière réfléchie polarisée).

**Planche photographique IX..... 123**

- A Chalcoppyrite xénomorphe qui s'injecte dans un cristal compétent de pyrite cataclasée.
- B Inclusion de galène xénomorphe dans de la chalcoppyrite xénomorphe.
- C Sphalérite xénomorphe qui s'injecte dans la chalcoppyrite xénomorphe plus compétente.
- D Altération supergène de la chalcoppyrite en covellite et en goethite.
- E Intercroissance entre des cristaux de chlorite magnésienne et de la chalcoppyrite xénomorphe.
- F Sphalérite xénomorphe avec texture de « *chalcoppyrite disease* » (cercle noir) et/ou de bréchification (cercle bleu).

**Planche photographique X..... 124**

- A      Texture coalescente des tellurures de bismuth et d'argent dans une fracture de la chalcoppyrite (microsonde).
- B      Électrum et greenockite zincifère injectés dans une pyrite cataclasée.
- C      Remobilisation des sulfures d'une veine de pyrite-chalcoppyrite (orange) dans une veine de quartz (bleu).
- D      Chalcoppyrite associée à la tourmaline de la 3<sup>ième</sup> phase de croissance d'une veine de quartz d'extension.
- E      Macles courbées des carbonates dans une veine de quartz d'extension.
- F      Cordiérites partiellement rétro-métamorphisées de la zone d'altération volcanogène (microsonde).

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| g/t  | Grammes par tonne             |
| Ma   | Millions d'années             |
| Mt   | Million de tonnes             |
| ÉGP  | Éléments du groupe du platine |
| SMV  | Sulfures massifs volcanogènes |
| AgTe | Tellurure d'argent            |
| Ap   | Apatite                       |
| BiTe | Tellurure de bismuth          |
| Cb   | Carbonate                     |
| Chl  | Chlorite                      |
| Cov  | Covellite                     |
| Cpy  | Chalcopyrite                  |
| Crd  | Cordiérite                    |
| Fld  | Feldspath                     |
| Ga   | Galène                        |
| Gck  | Greenockite                   |
| Goe  | Goethite                      |
| Mt   | Magnétite                     |
| Plg  | Plagioclase                   |
| Py   | Pyrite                        |
| Qtz  | Quartz                        |
| Ser  | Séricite                      |
| Sph  | Sphalérite                    |
| Tur  | Tourmaline                    |
| C.A. | Calco-alcalin                 |
| Fel  | Felsique                      |
| Int  | Intermédiaire                 |
| Maf  | Mafique                       |
| Th   | Tholéiitique                  |
| Tr   | Transitionnel                 |

## RÉSUMÉ

La zone de cisaillement de Dunraine est un couloir de déformation subvertical d'orientation ENE-OSO qui recoupe la Formation de Val d'Or (FVO) dans la partie sud-est de la Sous-province de l'Abitibi. La FVO est interprétée comme étant un massif volcanique sous-marin archéen caractérisé par des roches volcaniques et volcanoclastiques andésitiques à rhyolitiques d'affinité transitionnelle à calco-alkaline qui sont hôtes de plusieurs gisements de sulfures massifs volcanogènes. La zone de cisaillement de Dunraine contient un gîte cuprifère (i.e. gîte de Dunraine) peu étudié et dont la nature exacte est méconnue. Ce mémoire vise à clarifier le contexte géologique de mise en place du gîte de Dunraine ainsi qu'à définir l'effet de la déformation sur la minéralisation et les roches encaissantes.

Le secteur de Dunraine est caractérisé par des laves massives à bréchiques et des roches volcanoclastiques de composition andésitique à rhyodacitique et d'affinité transitionnelle à calco-alkaline qui sont généralement porphyriques à feldspath et/ou quartz ainsi que par des intrusions synvolcaniques à syntectoniques mafiques à intermédiaires. Ces roches de la FVO sont en contact au sud-est du secteur étudié avec des laves de composition mafiques coussinées à massives d'affinité tholéitique de la Formation de Héva.

La minéralisation se présente sous la forme d'un horizon étroit (1-10 mètres) et latéralement étendu (plus de 2 km) de veinules et disséminations de pyrite-chalcopyrène avec localement des traces de sphalérite et d'or. Cette minéralisation est encaissée dans une série de roches volcanoclastiques dacitiques fortement altérées. L'altération de la roche encaissante forme un halo de moins de 10 mètres autour de la minéralisation. Cette altération est zonée avec 1) une partie distale séricitisée, 2) une partie médiane riche en chlorite magnésienne et 3) une partie proximale altérée en silice et en chlorite magnésienne. La présence de cordiérite dans les zones les plus altérées suggère l'existence d'une cheminée d'altération synvolcanique. De plus, la minéralisation est fortement affectée par la déformation régionale et est transposée dans le plan de schistosité principal.

Plusieurs arguments permettent d'affirmer que la minéralisation s'est formée par remplacement de la roche hôte plutôt que par exhalation : 1) la minéralisation est stratoïde et se retrouve à l'intérieur d'une unique unité volcanique, 2) les épontes inférieure et supérieure de la minéralisation sont altérées et 3) des géodes de dégazage synvolcaniques contiennent de la minéralisation et indiquent une percolation des fluides minéralisateurs dans une roche déjà consolidée.

L'épisode principal de déformation ductile relié à l'orogène kénoréenne ( $D_2$ ) affecte de manière importante les lithologies et la minéralisation du secteur de Dunraine. Un anticlinal isoclinal subvertical caractérisé par un axe de plis plongeant de  $25^\circ$  à  $40^\circ$  vers l'ouest plisse la séquence volcanique et la minéralisation. La trace axiale de ce pli passe par le centre de l'intrusion de Dunraine (diorite synvolcanique) et se poursuit dans une charnière de pli se situant dans les roches volcaniques à l'ouest du secteur de Dunraine. Une faille inverse à vergence sud, qui semble reliée à l'épisode de déformation  $D_2$ , recoupe le flanc sud du pli et marque le contact inférieur de la zone 4 de la mine Dunraine.

Les événements de déformation  $D_2$  tardif et  $D_3$  sont caractérisés par des mouvements dextres reliés à un événement de compression est-ouest tardif. Ces incréments de déformation n'ont par contre aucune influence notable sur la distribution de la minéralisation dans le secteur de Dunraine.

Mots clés : cuivre, minéralisation synvolcanique, remplacement, cisaillement, pli, structure, Abitibi, Val d'Or

# CHAPITRE I

## INTRODUCTION

### 1.1 Problématique

L'ancien gisement cuprifère de Dunraine, exploité de 1956 à 1958, se situe le long d'un couloir de cisaillement d'orientation ENE-WSW, le cisaillement de Dunraine, se situant dans la ceinture de roches vertes de l'Abitibi (Boily & al., 1980). Ce gisement se situe à environ 15 km à l'est de la ville de Val d'Or dans une bande de roches volcano-sédimentaires de la Formation de Val d'Or (Paquin et Vermette, 2007). Le gîte de Dunraine est considéré comme étant de type volcanogène et est situé aux bordures d'une intrusion dioritique (i.e. intrusion de Dunraine) (Boily & al., 1980). La minéralisation se présente sous forme de veines, de veinules et de disséminations de sulfures. Quelques lentilles massives à semi-massives, atteignant plus de 3 mètres d'épaisseur, ont été exploitées en profondeur, tant sur la bordure sud que sur la bordure nord de l'intrusion de Dunraine pour un total de 0,3Mt de minerai avec une teneur moyenne de 1,5% Cu, 0,2 g/t Au et 2.9 g/t Ag (Boily & al., 1980). Le terrain à l'étude dans ce mémoire (secteur de Dunraine) forme une bande orientée NE-SO de 1 par 4,8 km qui se situe sur la propriété minière Dunraine appartenant à la compagnie Alexis Minerals.

Les études géologiques antérieures dans le secteur de Dunraine ont été principalement axées sur la volcanologie régionale (Scott & al., 2002, Boily & al., 1980 et Sharpe & al., 1968) et sur la géologie structurale (Boily & al., 1980). L'évolution tectonique du secteur, l'extension en profondeur ainsi que le mode de formation du gisement de Dunraine restent cependant méconnus malgré le nombre de compagnies minières ayant œuvré dans le secteur depuis 1932.

La problématique de ce travail est définie par les trois questions suivantes : quel est le contexte de mise en place des minéralisations du gisement de Dunraine? Quels impacts ont les déformations régionales sur la forme et la distribution des minéralisations du gisement de Dunraine? Quel est le potentiel de minéralisation en profondeur du secteur de Dunraine?

## **1.2 Objectifs**

Ce mémoire vise donc à répondre aux trois questions définies dans la problématique, et conséquemment, à clarifier le contexte géologique du gisement de Dunraine. Pour ce faire, il est nécessaire d'effectuer une étude pétrographique, géochimique, structurale et métallogénique des roches du secteur de Dunraine. Cette recherche fournit également une évaluation du potentiel économique dans la région environnante (et en profondeur) du gisement de Dunraine. Ce projet vise aussi à développer un modèle structural permettant d'expliquer en partie la complexité de la géologie locale et de générer de nouvelles cibles d'exploration.

## **1.3 Méthodologie**

Plusieurs travaux devront être accomplis afin d'atteindre les objectifs visés :

- Cartographie du secteur de Dunraine et cartographie de détail de six décapages le long de l'horizon minéralisé se situant au nord de l'intrusion de Dunraine ainsi que la réalisation de schémas sur ces derniers.
- Caractérisation des lithologies et des altérations par observations pétrographiques.
- Classification lithogéochimique des différentes unités volcaniques, intrusives et volcano-sédimentaires et caractérisation géochimique des minéraux d'altération.
- Analyse structurale du secteur de Dunraine.
- Typologie et caractérisation du gisement de Dunraine.

## **Cartographie géologique**

Les travaux de terrain ont été entièrement réalisés durant les étés 2008 et 2009 dans le cadre d'une collaboration entre l'UQÀM et le département d'exploration de la compagnie Alexis Minerals. Une cartographie au 1:2000 de la partie est du secteur de Dunraine a d'abord été réalisée à l'été 2008, incluant la cartographie de détail au 1:100 des décapages D1 à D5. La cartographie de détail au 1:100 du décapage D6 a été effectuée au début de l'été 2009. Enfin, la cartographie au 1:2000 de la partie ouest du secteur de Dunraine a conclu la prise de données ainsi que l'échantillonnage nécessaires à la réalisation de ce projet.

La cartographie au 1:2000 du secteur de Dunraine, ayant une dimension d'environ 4,8 km par 1 km sur un axe ENE-OSO, avait pour but de détailler la géologie locale et de recueillir des données lithogéochimiques et structurales afin de se faire une idée plus précise des lithologies et de la minéralisation présentes. La cartographie des décapages et les croquis ont permis de mieux comprendre les relations entre la minéralisation, la roche hôte et la géologie structurale locale. Les décapages mis en carte se situent près de la bordure nord de l'intrusion de Dunraine. La description de la cartographie régionale ainsi que des faciès volcaniques et volcano-sédimentaires sont détaillées au chapitre III tandis que les décapages et les plans de détail sont présentés au chapitre IV.

## **Étude pétrographique**

Environ 40 lames minces ont été étudiées pour cette portion du travail, et elles seront décrites en détail dans le chapitre III. Les échantillons recueillis pour l'analyse pétrographique des roches volcaniques et volcanoclastiques ont permis l'identification des principaux minéraux présents dans les différentes lithologies rencontrées et la caractérisation des textures et structures présentes dans ces lithologies. L'examen de lames minces a aussi permis de caractériser et distinguer les altérations hydrothermales et l'empreinte du métamorphisme.



## Étude géochimique

Un total de 181 échantillons ont été recueillis pour analyses lithogéochimiques des lithologies rencontrées durant les travaux de terrain. Ces analyses visent à discriminer les roches volcaniques et volcanoclastiques à l'aide des diagrammes de Winchester et Floyd (1977) et de MacLean et Barrett (2003). Ces diagrammes permettent de distinguer les lithologies en fonction de leur affinité (i.e. tholéitique, transitionnelle ou calco-alcaline) et de leur degré de différenciation (i.e. basaltique à rhyolitique) et de distinguer les différentes séries magmatiques présentes. Ces classifications utilisent les concentrations en éléments majeurs et en éléments traces ainsi que les ratios de différents éléments.

Ces échantillons ont été également traités avec le programme NORMAT de Piché & Jébrak (2004). Ce programme permet de quantifier l'altération hydrothermale des roches portées au faciès métamorphique des schistes verts en créant des ratios normatifs de certains minéraux d'altération (i.e. chlorite, séricite, paragonite, pyrophyllite, orthose, carbonates). La mise en carte de ces résultats fait ressortir les couloirs d'altération et les zones ayant subi une altération hydrothermale.

L'analyse à la microsonde a tout d'abord permis d'identifier les minéraux trop petits pour l'observation pétrographique et de déterminer la composition des minéraux métalliques. Les éléments majeurs et traces des rutilés ont été analysés afin d'utiliser ce minéral comme indicateur potentiel de minéralisation (Clark & Williams-Jones, 2004). En effet, la concentration anormale en certains éléments traces des rutilés peut indiquer une origine hydrothermale plutôt que volcanique ou métamorphique. Finalement, une analyse des phyllosilicates a aussi été menée afin de caractériser les altérations hydrothermales possiblement présentes sur les pourtours ainsi que dans les zones minéralisées. À titre d'exemple, la concentration en Fe permet d'évaluer la température de formation des chlorites. Les résultats obtenus tant en lithogéochimie qu'à la microsonde sont présentés et discutés dans le chapitre V.

### **Étude structurale**

Les données structurales recueillies durant les travaux de terrain ont été compilées sur carte et projetées sur stéréonet. Le logiciel Stereo32 (Röller & Trepmann, 2007) a été utilisé pour faciliter la projection des données sur stéréonet. La synthèse de ces données permet d'apporter un regard structural nouveau dans le secteur de Dunraine. De plus, une coupe structurale schématique est proposée grâce à la synthèse des données structurales, géochimiques et cartographiques. Les échantillons orientés ont permis de compléter l'analyse structurale du secteur Dunraine. Une vingtaine de lames minces orientées ont été réalisées dans le but de préciser certaines observations structurales. Un des objectifs de ces observations a été de vérifier la présence d'indicateurs cinématiques permettant de déterminer la cinématique de la déformation régionale. Ces observations et analyses sont présentées et décrites dans le chapitre VI.

### **Étude métallogénique**

L'examen en lame mince des minéraux opaques a permis d'identifier les minéraux métalliques présents, de comprendre leurs relations et d'établir la typologie du gisement. Cette étude, jumelée aux observations de terrain, a aussi permis de déterminer la relation entre la minéralisation et la déformation régionale, de même que d'établir la succession paragénétique du minerai. Ces observations sont décrites dans le chapitre VII.

## CHAPITRE II

### CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La région d'étude de ce mémoire se situe dans le craton archéen de la Province du Supérieur. La Province du Supérieur s'est formée par l'accrétion de domaines formés de croûte continentale ou de croûte océanique pendant l'orogène kénoréenne entre 2720 Ma et 2680 Ma (Percival, 2007) tandis que d'autres domaines, plus jeunes, sont formés de métasédiments archéens synorogéniques. Les sept domaines continentaux qui composent la Province du Supérieur sont le bloc du Northern Superior, le bloc du North Caribou, le bloc de la Winnipeg River, le bloc du Marmion, le bloc de la Minnesota River, le bloc de l'Opatika et le bloc de Goudalie (Percival, 2007). Les blocs continentaux montrent des évidences d'une évolution pré-accrétion distincte au Paléoarchéen et au Mésoarchéen (Percival, 2007). Les domaines océaniques sont composés principalement de roches vertes (i.e. roches ultramafiques et mafiques) issues d'un volcanisme primitif sous-marin et de granitoïdes. Les contacts entre les différents domaines océaniques, continentaux et métasédimentaires sont de nature tectonique. La Sous-province de l'Abitibi se situe au sud-est de la Province du Supérieur et représente un des domaines océaniques les plus importants (figure 2.1).

#### 2.1 Sous-province de l'Abitibi

La sous-province de l'Abitibi est reconnue comme étant la plus grande ceinture de roches vertes archéennes au monde (Hofmann et Masson, 1994). Cette ceinture de roches vertes donne des âges variant de 2730 Ma à 2698 Ma (Chown et al., 1992; Daigneault et al., 2000) et est composée d'assemblages volcano-sédimentaires mafiques à felsiques recoupés par des intrusions synvolcaniques à post-tectoniques (figure 2.2). Le grade métamorphique prédominant dans la Sous-province de l'Abitibi est aux schistes verts (Jolly, 1978; Dimroth et al., 1983). Des auréoles métamorphiques au faciès amphibolite sont présentes autour des batholithes. Certains secteurs, tel le camp minier de Rouyn-Noranda, ont subi un

métamorphisme atteignant seulement le faciès de la prehnite-pumpellyite (Dimroth et al., 1983).

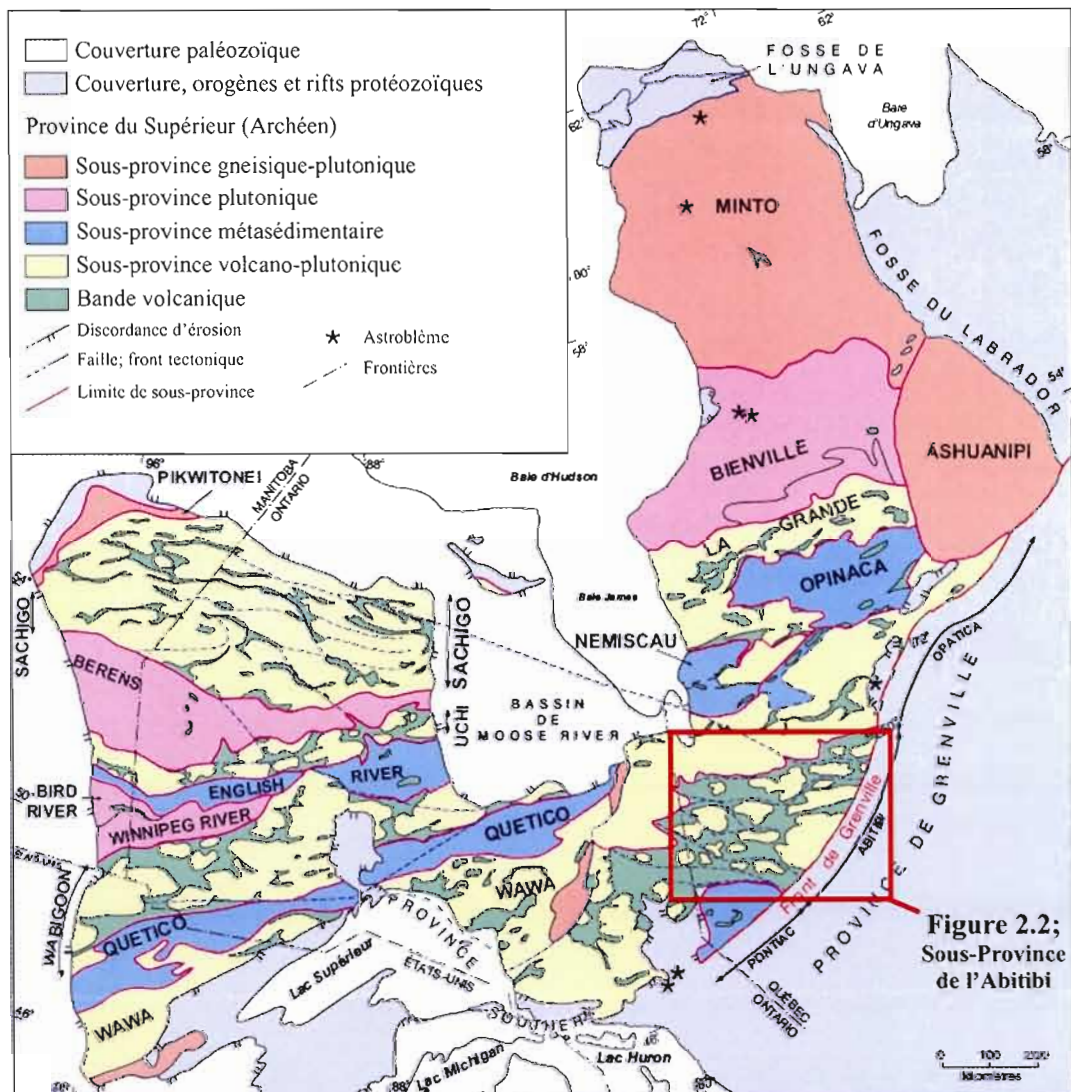


Figure 2.1 : Carte géologique simplifiée de la Province du Supérieur montrant la localisation de la Sous-province de l'Abitibi. Modifiée de Marquis, 2004.

La sous-province de l'Abitibi est tronquée à l'est par le front de l'orogène du Grenville qui est caractérisé par une zone de failles mésoprotérozoïques inverses à vergence nord-ouest qui marque la limite entre la Province protérozoïque de Grenville et la Province archéenne du Supérieur. Au sud de la Sous-Province de l'Abitibi se trouve la Sous-province

métasédimentaire du Pontiac. Le contact entre ces deux sous-provinces est marqué par la faille majeure de Cadillac-Larder Lake d'orientation est-ouest qui est caractérisée par des métasédiments archéens (Groupe de Cadillac) et des roches ultramafiques (Groupe de Piché) fortement altérées et mylonitisées (Robert, 1989). Cette faille crustale a permis le chevauchement des roches volcano-sédimentaires de la Sous-province de l'Abitibi sur les métaturbidites de la Sous-Province du Pontiac durant l'orogène kénoréenne (Davis, 2002). La Sous-province de l'Abitibi est tronquée à l'ouest par les gneiss de la zone structurale de Kapuskasing. Cette structure d'orientation nord-est/sud-ouest résulte d'un décollement crustal majeur à vergence sud-est qui a permis de chevaucher des roches de la croûte inférieure et médiane sur les roches supracrustales de la Sous-province de l'Abitibi au Paléoproterozoïque (Perry et al., 2006). Au nord de la Sous-province de l'Abitibi se trouve la Sous-province de l'Opatica qui est constituée de para- et ortho-gneiss archéens. Le contact entre ces deux sous-provinces est de nature tectonique et une zone de subduction à vergence nord se retrouvant sous la Sous-province de l'Opatica a également été interprétée par géophysique (Clowes et al., 1996).

La Sous-province de l'Abitibi, d'une superficie de 700 km par 300 km, est orientée est-ouest et est séparée en deux zones sur la base de leurs caractéristiques volcaniques et sédimentaires distinctes et sur leurs âges. Ces deux zones sont la zone volcanique nord et la zone volcanique sud. La limite entre ces deux zones est marquée par la faille inverse de Porcupine-Destor orientée est-ouest et à vergence vers le sud.

Selon Daigneault et al. (2002), la sous-province d'Abitibi s'est formée durant l'orogène kénoréenne par l'accrétion d'arcs volcaniques en transpression dextre, le tout relié à une subduction oblique. Vers 2700 à 2692 Ma, la zone volcanique nord, la zone volcanique sud et le groupe de Pontiac entrèrent en collision par l'action d'une zone de subduction à pendage nord entre le Pontiac et la zone volcanique sud et une autre entre la zone volcanique sud et la zone volcanique nord (figure 2.3A). Cette collision aurait également engendré la formation de la faille transformante de Parfouru qui sépare la zone volcanique sud en deux groupes, soit 1) le Groupe de Blake River à l'ouest et 2) le segment de Malartic à l'est. Cette accrétion est suivie, entre 2692 Ma et 2690 Ma, par la mise en place des phases précoces du batholithe de

Preissac-Lacorne et de l'accumulation de sédiments le long de la faille Parfouru formant ainsi le Groupe de Kewagama (figure 2.3B). La période entre 2690 Ma et 2670 Ma est marquée par la formation de bassins en transpression (i.e. bassins de Duparquet, de Granada et de Timiskaming) le long des failles majeures de Cadillac-Larder Lake, de Parfouru et de Destor-Porcupine (figure 2.3C et D). Une phase d'exhumation et de mise en place des phases granitiques tardives du pluton de Preissac-Lacorne marque, selon Daigneault et al. (2002), l'intervalle de 2660 Ma à 2642 Ma (figure 2.3E). Une phase finale de transpression dextre aurait eu lieu par la suite (figure 2.3F).

La zone volcanique sud est composée de deux unités rocheuses, soit le Groupe de Blake River à l'ouest et le segment de Malartic à l'est (Daigneault et al., 2002). Ces deux unités lithotectoniques sont séparées par la faille du Lac Parfouru et les sédiments de la Formation de Kewagama. Le Groupe de Blake River est interprété comme représentant un arc océanique construit sur une plaine de basaltes tholéiitiques et de komatiites. Le volcanisme de l'arc évolue d'une composition transitionnelle à calco-alkaline bimodale sur une période de temps s'étendant de 2706 Ma à 2696 Ma (Pearson et Daigneault, 2009).

L'interprétation stratigraphique de Scott et al. (2002) est préférée à la division en domaines tectonostratigraphiques de Desrochers et Hubert (1996) afin de définir les unités du segment de Malartic. Le segment de Malartic est constitué de 2 groupes distincts, soit 1) le Groupe de Malartic et 2) le Groupe de Louvicourt. Le Groupe de Malartic comprend la partie nord du segment de Malartic et est interprété comme étant un fond océanique archéen formé sous l'influence d'un plume mantellique. La quantité de roches ultramafiques diminue en montant dans la séquence stratigraphique, soit vers le sud. Ce groupe comprend, de la base au sommet, les formations de La Motte-Vassan, de Dubuisson et de Jacola. Le Groupe de Louvicourt est pour sa part interprété comme étant la phase de construction et de démembrement d'un arc volcanique océanique édifié sur les roches du Groupe de Malartic. Ce groupe comprend à sa base la Formation de Val d'Or et à son sommet la Formation de Héva. Le secteur à l'étude dans ce mémoire se situe dans la partie sud-est du segment de Malartic, plus précisément dans la Formation de Val d'Or à l'est de la ville de Val d'Or (figure 2.2).



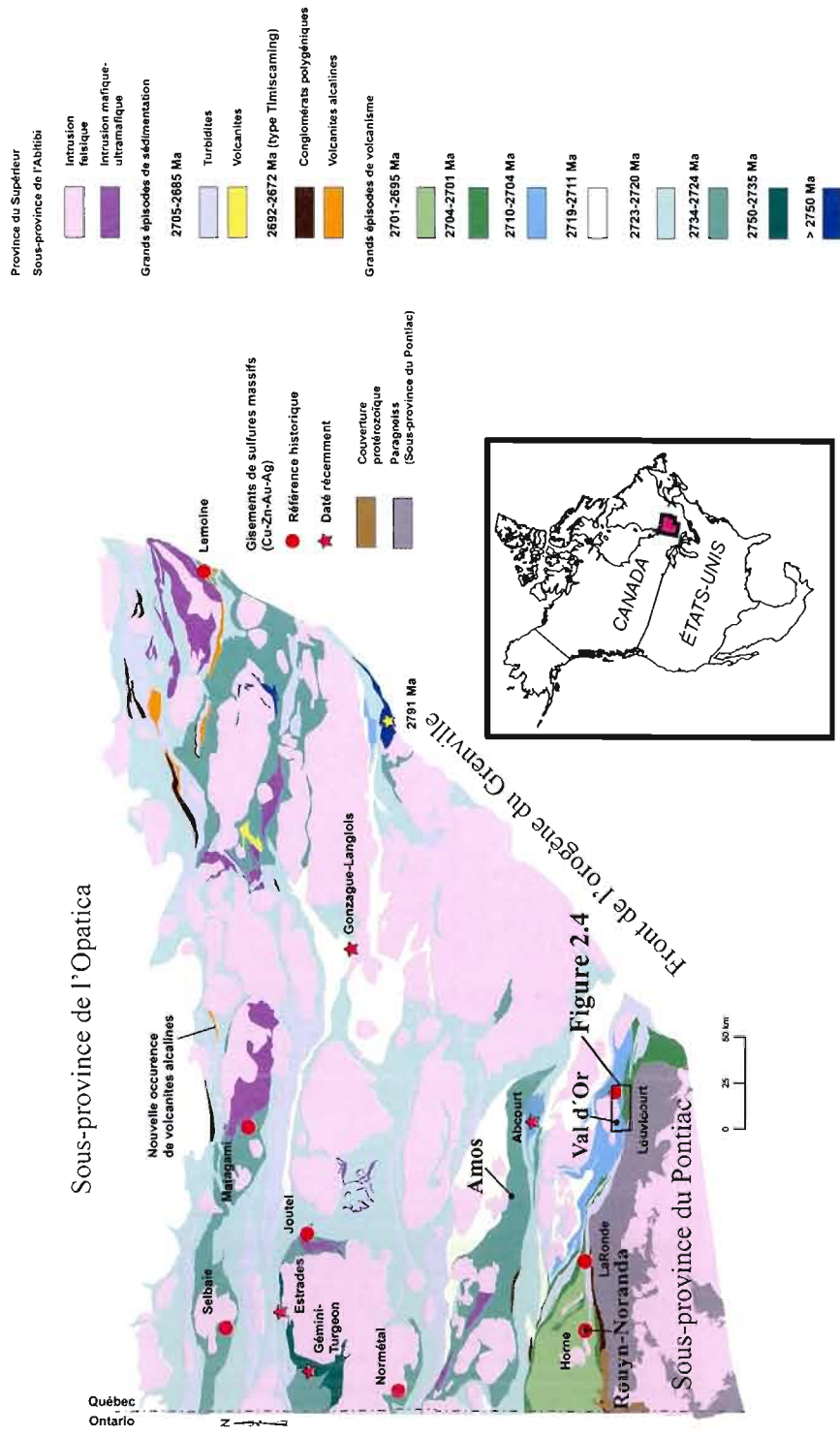


Figure 2.2 : Carte géologique générale de la partie québécoise de la Sous-province de l'Abitibi montrant la localisation des différents épisodes volcaniques et les plus importants gisements de type SMV. Modifiée de Goutier et Melançon, 2007.

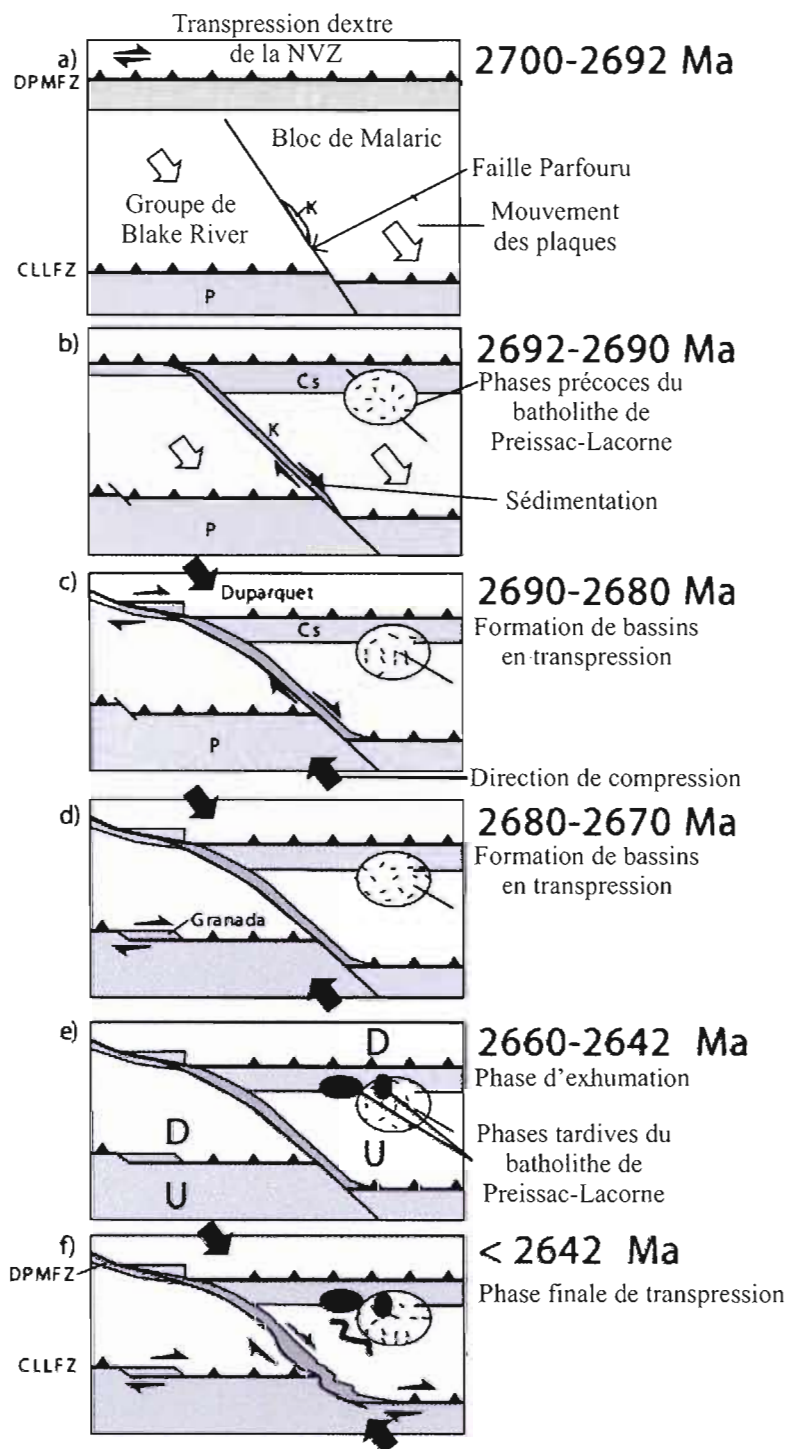


Figure 2.3 : Modèle tectonique en plan de la formation de la zone volcanique sud de la Sous-province de l'Abitibi. Modifiée de Daigneault et al., 2002.



Les événements tectoniques mentionnés ci-dessus ont engendré une foliation régionale d'orientation est-ouest interprétée comme étant une schistosité de plan axial reliée au plissement régional. Cette schistosité montre des variations locales d'orientation et de pendage qui sont attribuées à des failles obliques recoupant la schistosité principale ainsi qu'à des auréoles de déformation entourant les intrusions plutoniques (Daigneault et al., 2002). Le fort pendage de cette schistosité est vérifiable partout en Abitibi sauf au contact entre la zone volcanique nord et la zone volcanique sud où ce pendage est faible (Daigneault et al., 2002). La zone volcanique nord est caractérisée par une série de plis d'orientation est-ouest. Des bassins sédimentaires occupent le cœur des synclinaux tandis que celui des anticlinaux est souvent occupé par des intrusions granitiques. La partie centrale du Groupe de Blake River est faiblement déformée et les unités volcaniques y sont localement subhorizontales tandis que l'intensité de la déformation augmente en approchant des bordures du Groupe de Blake River, ce qui est montré par la verticalisation des unités volcaniques et l'apparition de fabriques planaires ductiles (Pearson et Daigneault, 2009). Le segment de Malartic est caractérisé par le synclinal de Lamotte (Imreh, 1984) qui est en fait une série de plis serrés à isoclinaux d'orientation est-ouest avec plongées axiales sub-horizontales.

## 2.2 Géologie de la région de Val d'Or

La région de Val d'Or est constituée de trois formations géologiques soit, du nord au sud, la Formation de Jacola, la Formation de Val d'Or et la Formation de Héva (figure 2.4). L'âge de ces roches volcaniques varie de  $2714 \pm 2$  Ma à  $2704 \pm 2$  Ma (Scott et al., 2002). Les datations les plus vieilles proviennent de la Formation de Jacola tandis que les âges les plus jeunes sont issus de la Formation de Héva. Ces unités géologiques sont orientées est-ouest et montrent une schistosité à fort pendage vers le nord et des polarités stratigraphiques vers le sud. Des intrusions synvolcaniques, tel que le pluton de Bourlamaque ( $2700 \pm 1$  Ma : Wong et al., 2001) et le filon couche de Dunraine ( $2704 \pm 3$  Ma : Pilote et al., 1999) et des intrusions syntectoniques, tel que le pluton de East-Sullivan ( $2684 \pm 1$  Ma : Pilote et al., 1999), recoupent l'assemblage volcano-sédimentaire.

La Formation de Jacola est un assemblage, de 1 à 3 km d'épaisseur, de laves tholéitiques mafiques et ultramafiques, généralement massives mais localement coussinées ou bréchiques. Des quantités mineures de roches volcanoclastiques sont également présentes. La Formation de Jacola est interprétée comme représentant la transition entre une plateforme océanique (i.e. la Formation de La Motte) et un arc volcanique sous-marin (i.e. Formation de Val d'Or) (Scott et al., 2002). Le contact entre la Formation de Jacola et la Formation de Val d'Or sus-jacente est marqué par le passage graduel des laves tholéitiques de la Formation de Jacola vers les laves transitionnelles à calco-alcalines de la Formation de Val d'Or. Une augmentation significative de la proportion de roches volcanoclastiques marque également cette transition.

La Formation de Héva est principalement composée de roches volcaniques mafiques massives à coussinées, latéralement continues et homogènes ainsi que de dépôts discontinus de roches volcanoclastiques mafiques à felsiques. Ces roches sont recoupées par plusieurs intrusions et dykes mafiques de composition gabbroïque. La Formation de Héva est interprétée comme étant le résultat du démembrement et du rifting de l'arc volcanique que constitue la Formation de Val d'Or (Scott et al., 2002). Le contact entre la Formation de Val d'Or et la Formation de Héva est marqué par une transition abrupte (i.e. < de 100 mètres) du volcanisme calco-alcalin de la Formation de Val d'Or vers le volcanisme tholéitiques de la Formation de Héva. Une unité de dacite sphérolitique cartographiable sur plus de 20 km souligne ce contact (Scott et al., 2002).

### **2.2.1 Formation de Val d'Or**

La Formation de Val d'Or, d'une épaisseur de 3 à 5 km, est interprétée comme étant la phase de construction d'un arc volcanique sous-marin caractérisé par une complexe interdigitation de faciès volcaniques et volcano-sédimentaires andésitiques à rhyolitiques d'affinité calco-alcaline à transitionnelle et d'intrusions et de dykes, principalement de composition dioritique (Scott et al., 2002). Cette complexe interdigitation, jumelée à une faible densité d'affleurements de qualité, une faible continuité latérale des unités et des changements de faciès importants sur de courtes distances rendent difficile la cartographie

détaillée de la Formation de Val d'Or. Par contre, plusieurs assemblages volcaniques distincts ont été identifiés par Scott et al. (2002); ceux-ci sont identifiables par le regroupement de faciès volcaniques et volcanoclastiques ayant des similitudes minéralogiques et texturales.

La Formation de Val d'Or est séparée en deux membres informels (Scott et al., 2002), soit le Val d'Or inférieur au nord et le Val d'Or supérieur au sud. Cette distinction est basée sur certaines caractéristiques géochimiques ainsi que sur la variation de la concentration des éléments incompatibles Zr et Y. Le passage graduel des roches volcaniques du Val d'Or inférieur, qui sont majoritairement d'affinité transitionnelle, aux roches volcaniques du Val d'Or supérieur, qui sont majoritairement d'affinité calco-alcaline suggère une maturation progressive de l'arc volcanique (Scott et al., 2002). Par contre, les travaux de Gaboury et Pearson (2008), basés sur des diagrammes araignées des terres rares, ne perçoivent pas ce phénomène de maturation.

## **2.3 Minéralisations de la région de Val d'Or**

La région de Val d'Or est réputée depuis longtemps pour son potentiel de découverte en minéralisations aurifères et de métaux de base. C'est en 1911 que des prospecteurs ont trouvé, sur les pourtours du pluton de Bourlamaque, les premières veines de quartz aurifères dans la région. Depuis ce temps, ces découvertes ont attiré bon nombre de prospecteurs et de compagnies d'exploration dans la région de Val d'Or. Plus de 5 Mt de Cu, 3,8 Mt de Zn, 15000 tonnes de Ni, 600 tonnes d'Au et 639 tonnes d'Ag ont été produites dans le district minier de Val d'Or (Jenkins et Brown, 1999).

Il existe trois principaux types de minéralisation économique dans la région de Val d'Or; soient, par ordre d'importance 1) des sulfures massifs volcanogènes (SMV), 2) des gisements filoniens aurifères et 3) des skarns aurifères et argentifères (Pilote et al., 2000).

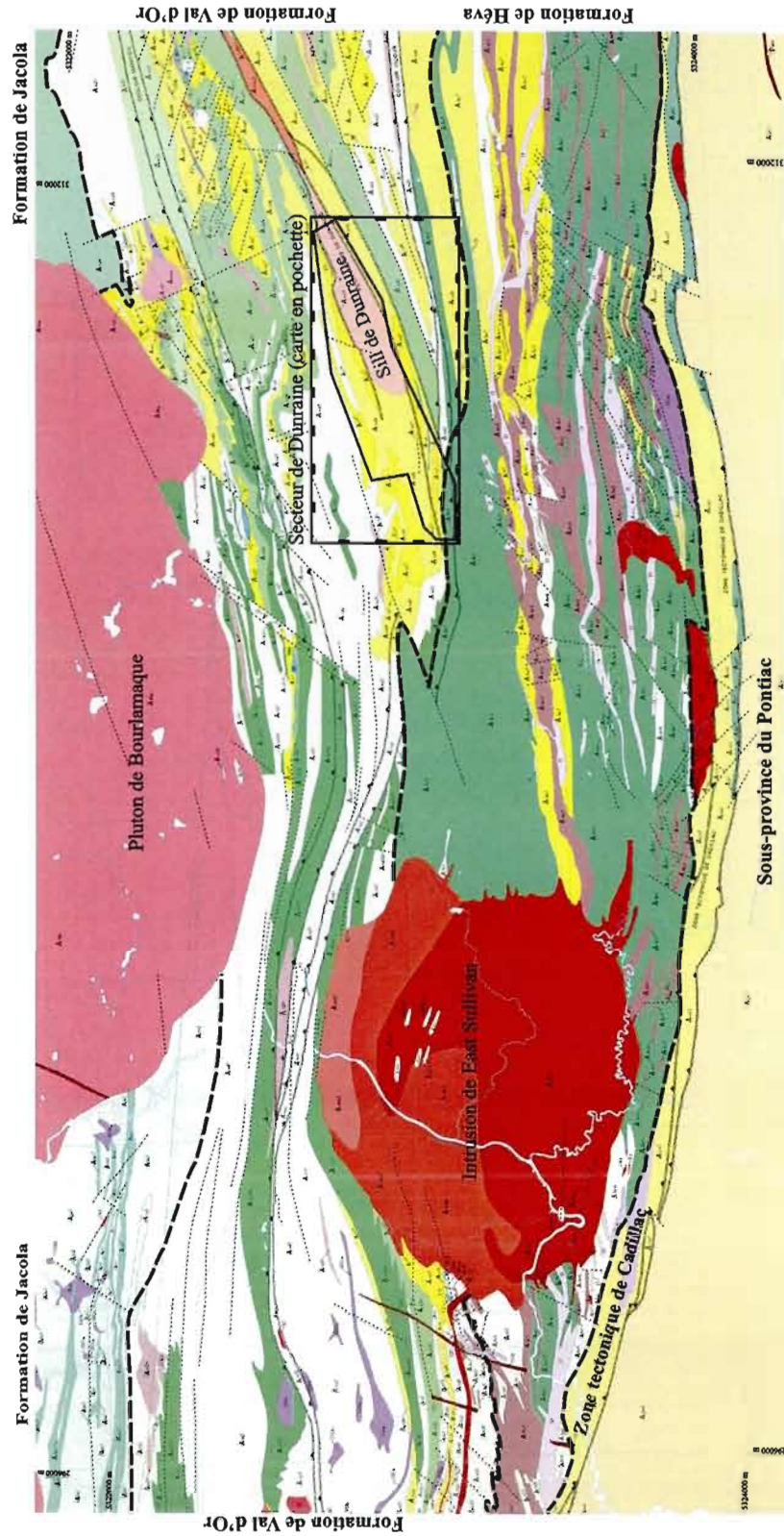


Figure 2.4 : Géologie simplifiée de la région de Val d'Or montrant la localisation du secteur de Dunraine et le contact entre les formations de Val d'Or, de Héva et de Jacola. Modifiée de Grant et al., 2005.

## Légende stratigraphique

—— Contact entre les formations géologiques

|                              |  |                                  |  |
|------------------------------|--|----------------------------------|--|
| <b>Formation de Héva</b>     |  | <b>Groupe de Cadillac</b>        |  |
| <b>A<sub>he7</sub></b>       | Volcanoclastites felsiques                               | <b>A<sub>ci1</sub></b>           | Wacke et siltstone                             |
| <b>A<sub>he6</sub></b>       | Volcanoclastites intermédiaires                          | <b>Groupe de Pontiac</b>         |  |
| <b>A<sub>he5</sub></b>       | Filon-couche de gabbro                                   | <b>A<sub>po4</sub></b>           | Basaltes ou roches volcaniques ultramafiques   |
| <b>A<sub>he4</sub></b>       | Dacite sphérulitique frenal                              | <b>A<sub>po1</sub></b>           | Wacke, mudrock et schistes                     |
| <b>A<sub>he3</sub></b>       | Dacite   | <b>Formation de Piché</b>        |  |
| <b>A<sub>he2</sub></b>       | Dacite sphérulitique                                     | <b>A<sub>pi2</sub></b>           | Roches volcaniques et intrusives ultramafiques |
| <b>A<sub>he1</sub></b>       | Basalte tholéiitique                                     | <b>Batholithe de Bourlamaque</b> |  |
| <b>Formation de Val d'Or</b> |  | <b>A<sub>bla</sub></b>           | Diorite quartzifère et diorite                 |
| <b>A<sub>val10</sub></b>     | Volcanoclastites intermédiaires à mafiques               | <b>Filon-couche de Dunraine</b>  |  |
| <b>A<sub>val9</sub></b>      | Volcanoclastites intermédiaires à felsiques              | <b>A<sub>dun2</sub></b>          | Diorite quartzifère                            |
| <b>A<sub>val8</sub></b>      | Volcanites et volcanoclastites intermédiaires à mafiques | <b>A<sub>dun1</sub></b>          | Diorite  |
| <b>A<sub>val7</sub></b>      | Roches volcaniques felsiques                             | <b>Pluton d'East-Sullivan</b>    |  |
| <b>A<sub>val6</sub></b>      | Volcanites intermédiaires à felsiques                    | <b>A<sub>esu3</sub></b>          | Monzonite                                      |
| <b>A<sub>val5</sub></b>      | Filon-couche de gabbro                                   | <b>A<sub>esu2</sub></b>          | Monzonite quartzifère                          |
| <b>A<sub>val3</sub></b>      | Andésite calco-alkaline à feldspath porphyrique et tufs  | <b>A<sub>esu1</sub></b>          | Monzonite porphyrique                          |
| <b>A<sub>val1</sub></b>      | Andésite et volcanoclastites mafiques                    |                                  |  |
| <b>Formation de Jacola</b>   |  |                                  |  |
| <b>A<sub>ja6</sub></b>       | Basalte andésitique et volcanoclastites mafiques         |                                  |  |
| <b>A<sub>ja5</sub></b>       | Filon-couche de gabbro                                   |                                  |  |
| <b>A<sub>ja2</sub></b>       | Roches volcaniques et intrusives ultramafiques           |                                  |  |
| <b>A<sub>ja1</sub></b>       | Basalte  |                                  |  |

Figure 2.4 (suite) : Légende stratigraphique de la carte géologique simplifiée de la région de Val d'Or. Modifiée de Grant et al., 2005.

Les travaux de Pilote et al. (2000) suggèrent que les gîtes de sulfures massifs volcanogènes (SMV) de la zone volcanique sud sont habituellement associés à des complexes volcaniques sous-marins communément caractérisés par une composition évoluant graduellement de tholéiitique à calco-alkaline et d'une différenciation marquée de laves mafiques vers des laves felsiques. Les complexes semblent construits sur un plancher océanique formé de laves tholéiitiques mafiques et ultramafiques. Ces complexes volcaniques sont habituellement constitués de plusieurs cycles effusifs bimodaux (i.e. andésite-rhyolite) ou continus (i.e. andésite-dacite-rhyodacite-rhyolite). Les gisements de type SMV sont génétiquement associés à des dômes felsiques et aux failles synvolcaniques ayant permis la mise en place de ces dômes.



La Formation de Val d'Or est la seule unité dans les groupes de Malartic et de Louvicourt qui contient des SMV d'importance économique. Plusieurs gisements ont été exploités dans le passé mais le potentiel de découverte de nouveaux gîtes de métaux de base est pourtant considéré par plusieurs comme faible, et ce malgré le fait que trois gisements contenant des teneurs et des tonnages significatifs (i.e. > 10 Mt) aient été découverts dans le passé (Lavoie, 2003); soit les gisements des mines Manitou-Barvue, Louvicourt et East-Sullivan avec respectivement 11,2 Mt, 15,1 Mt et 16,4 Mt de minerai extrait (tableau 2.1). La minéralisation s'y trouvait sous forme de lentilles discordantes ou concordantes à cuivre et/ou zonc  $\pm$  argent, or et plomb et étaient souvent associées à des stockwerks de cuivre. Selon la classification de Franklin et al. (2005), les gisements de la région sont soit de type bimodal-mafique dominant ou de type bimodal-felsique dominant. Ces gisements ne semblent pas se trouver sur un même horizon stratigraphique et la composition des épontes varie d'une mine à l'autre. De plus, les gisements de SMV de Val d'Or sont associés à des rhyolites de type FII qui sont généralement considérées comme peu fertiles (Gaboury et Pearson, 2008).

Selon Pilote et al. (2000), les gisements filoniens aurifères du secteur de Val d'Or se présentent sous deux formes distinctes; 1) des veines déformées et des brèches à matrice de quartz plus vieilles que 2690 Ma et 2) des réseaux tardifs (i.e. moins de 2680 Ma) de veines peu déformées et associées à des zones de cisaillement ductile. Les minéralisations précoces se présentent sous forme de brèches, de schistes et de veines à quartz-carbonate minéralisées en or ayant été subséquentement déformés et qui sont recoupés par des dykes de composition variable. Les minéralisations précoces sont principalement associées aux zones de cisaillement de Marban-Norbénite et de Montigny, ces corridors de déformation représentant possiblement des structures précoces associées à la zone tectonique de Cadillac. Les minéralisations filoniennes tardives sont encaissées par des zones de cisaillement inverse fortement pentées et dans des veines d'extension subhorizontales. Les veines fortement pentées et les veines d'extension subhorizontales se recoupent mutuellement, indiquant une formation synchrone. Contrairement aux minéralisations précoces, ces veines contiennent de la tourmaline et montrent une enveloppe d'altération à carbonate et séricite. Ces minéralisations aurifères tardives recoupent les structures régionales plissées et n'ont pas subi le métamorphisme régional (Pilote et al., 2000).

Les études menées par Vorobiev (2000) dans le secteur d'Akasaba au sud-est de Val d'Or ont permis d'identifier une zone intensément altérée contenant de la minéralisation en or-argent-cuivre de type skarn. La minéralisation se situe à l'intérieur d'un halo plus ou moins continu d'altération hydrothermale se superposant sur le métamorphisme régional (i.e. tardi à post-tectonique). L'enveloppe d'altération forme une lentille de 1,5 par 1 km orientée est-ouest. Les principaux minéraux d'altération sont l'épidote, l'actinote, la hornblende, la pyrite, la pyrrhotite, la chalcopryrite et la magnétite tandis que les minéraux économiques sont les tellurures, l'or natif et l'électrum. Cette zone minéralisée est encaissée dans une série de brèches et de tufs volcaniques mafiques ainsi que dans les zones tectoniques cassantes adjacentes.

### **2.3.1 Minéralisations du secteur de Dunraine**

Le secteur à l'étude contient quatre principales zones minéralisées en cuivre; soit les zones 2, 2 Ouest, 4 et 6 (tableau 2.2 et figure 2.5). La zone 2 Ouest contient des réserves calculées de 0,5 Mt à 1,13% Cu, la zone 2 renferme 0,1 Mt à 1% Cu, tandis que la zone 6 inclut un gîte de 0,1 Mt à 1,2% Cu. Ces 3 zones minéralisées forment un couloir bordant le contact nord de l'intrusion de Dunraine. Le plus gros gisement du secteur, la zone 4, se situe à la bordure sud de l'intrusion. La zone 4 a été exploitée entre 1956 et 1958 pour une production de 0,3 Mt à 1,49% Cu et des réserves de 0,1 Mt à 1,50% Cu y sont encore présentes (Paquin et Vermette, 2007). Les zones 4 et 2 Ouest sont formées de petites lentilles massives à semi-massives ainsi que de veines de pyrite, chalcopryrite  $\pm$  sphalérite tandis que les zones 2 et 6 contiennent exclusivement de la pyrite et de la chalcopryrite sous forme de veines, veinules et dissémination. L'accès aux chantiers souterrains et aux forages effectués durant l'exploitation n'est malheureusement plus possible. À environ 700 mètres à l'est de la zone 6, une zone non affleurante caractérisée par un réseau complexe de veinules et veines de quartz aurifères encaissées dans l'intrusion de Dunraine a été recoupée en forage.

Tableau 2.1 : Généralités sur les principales mines de sulfures massifs volcanogènes de la Formation de Val d'Or.

|                            | East-Sullivan                                   | Louvicourt   | Manitou-Barvue   | Louvem  | Dunraine   |
|----------------------------|---|--|--|---|--|
| Date de découverte         | 1944  | 1989   | 1923   | ?   | 1932   |
| Durée d'exploitation       | 1949-1966                                       | 1995-2005  | 1942-1979  | 1970-1981   | 1956-1958  |
| Tonnage (Mt)               | 16,4  | 15,1   | 11,2   | 1,6   | 0,3  |
| Teneurs moyennes           | 1,03% Cu, 0,7% Zn<br>0,3g/t Au, 9,6g/t Ag       | 3,6% Cu, 1,7% Zn<br>0,8g/t Au, 28g/t Ag                | 0,31% Cu, 3% Zn<br>0,9g/t Au, 71g/t Ag                 | ?   | 1,5% Cu<br>0,2g/t Au, 2,9g/t Ag                                  |
| Métaux totaux              | 141 000t Cu,<br>73 000t Zn,<br>3,7t Au, 119t Ag | 1 160 000t Cu,<br>194 000t Zn,<br>6,2t Au, 168t Ag     | 33 000t Cu,<br>300 000t Zn,<br>9,3t Au, 1,1t Ag        | 18 000t Cu,<br>60 000t Zn,<br>1,2t Au, 31,4t Ag                   | 4 000t Cu,<br>0,05t Au, 0,9t Ag                                  |
| Minéralogie                | Cpy, Po, Py, Sph                                | Cpy, Po, Py, Sph                                       | Cpy, Po, Py, Sph                                       | Cpy, Po, Py, Sph  | Cpy, Py ± Sph  |
| Forme de la minéralisation | Zn discordant<br>Zn-Cu concordant               | Cu discordant;<br>Zn-Cu concordant;<br>Stockwerk de Cu | Cu discordant;<br>Zn-Ag concordant;<br>Stockwerk de Cu | Zones massives et<br>semi-massives à<br>Cu-Zn;<br>Stockwerk de Cu | Dissémination et<br>zones semi-<br>massives dans<br>cisaillement |
| Nature de l'encaissant     | Volcanoclastites<br>felsiques                   | Volcanoclastites<br>felsiques                          | Volcanoclastites<br>felsiques                          | Volcanoclastites<br>felsiques                                     | Volcanoclastites et<br>coulées felsiques                         |

Modifié de Lavoie, 2003 et Jenkins et Brown, 1999.



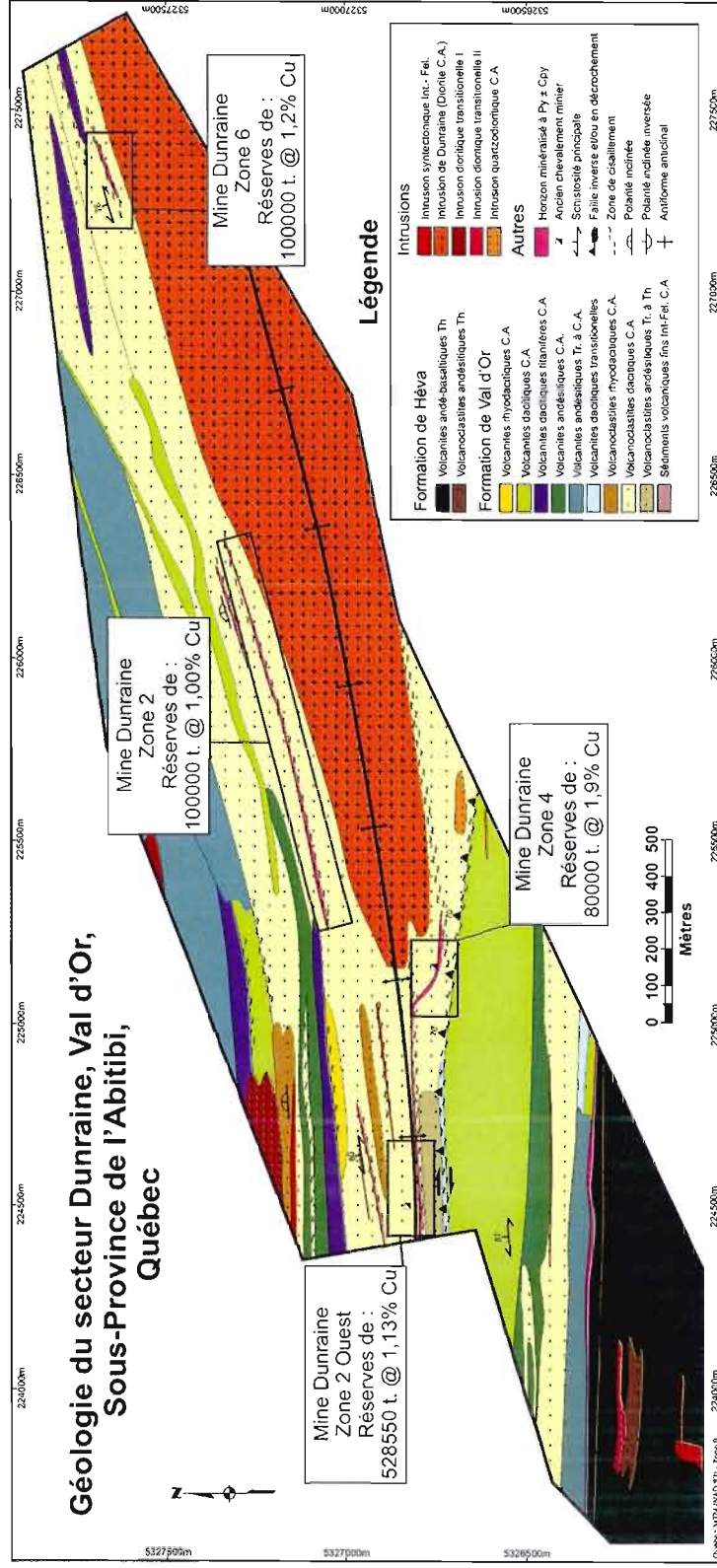


Figure 2.5 : Localisation des zones minéralisées du secteur de Dunraine projetées sur la carte géologique produite au cours du projet.

Tableau 2.2 : Généralités sur les zones minéralisées du secteur de Dunraine.

|                | Zone 2  | Zone 2 Ouest                   | Zone 4  | Zone 6                         |
|----------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| Production     | --  | --                             | 0,3 Mt à 1,49%<br>Cu  | --                             |
| Réserves       | 0,1 Mt à 1% Cu  | 0,5 Mt à 1.13%<br>Cu           | 0,1 Mt à 1,50%<br>Cu  | 0,1 Mt à 1,2%<br>Cu            |
| Minéralisation | Veinules et<br>petites lentilles<br>semi-massives à<br>massives | Veinules et<br>dissémination   | Veinules et<br>petites lentilles<br>semi-massives à<br>massives | Veinules et<br>dissémination   |
| Minéralogie    | Py, Cpy ± Sph   | Py, Cpy                        | Py, Cpy ± Sph   | Py, Cpy                        |
| Encaissant     | Volcanoclastites<br>dacitiques                                  | Volcanoclastites<br>dacitiques | Volcanoclastites<br>dacitiques                                  | Volcanoclastites<br>dacitiques |

Modifié de Paquin et Vermette, 2007.

## **CHAPITRE III**

### **CARACTÉRISATION VOLCANOLOGIQUE ET PÉTROGRAPHIQUE**

Une brève description de la cartographie du secteur de Dunraine est premièrement présentée tandis que le reste du chapitre est consacré à la description pétrographique ainsi qu'à la description des structures et textures des lithologies du secteur de Dunraine (figure 3.1, 3.2 et 3.3). Les roches volcaniques sont séparées en quatre groupes, soit 1) les roches volcaniques intermédiaires, 2) les roches volcaniques felsiques, 3) les roches volcanoclastiques et 4) les roches intrusives. Un récapitulatif des principales propriétés des lithologies est présenté au tableau 3.1. Les noms de groupes et de sous-groupes de roche présentés dans ce chapitre sont définis en bonne partie grâce à une classification géochimique qui est présenté au chapitre V.

#### **3.1 Géologie du secteur de Dunraine**

La partie nord-est du secteur de Dunraine est caractérisée par la présence de laves porphyriques andésitiques transitionnelles à calco-alkalines interlitées avec de rares coulées de dacite calco-alkaline et de dacite titanifère (voir chapitre V) calco-alkaline. Cette unité de roches volcaniques a une épaisseur d'environ 250 mètres et est en contact avec un empilement de roches volcanoclastiques dacitiques de 300 mètres d'épaisseur.

Plusieurs coulées intermédiaires et felsiques d'affinité calco-alkaline de 10 à 50 mètres d'épaisseur sont intercalées dans l'empilement de roches volcanoclastiques dacitiques. La partie est de cette unité renferme également une lave rhyodacitique calco-alkaline ainsi que des horizons de roches volcanoclastiques rhyodacitiques calco-alkalines et andésitiques transitionnelles à calco-alkalines. Les zones minéralisées du secteur de Dunraine se trouvent toutes dans cette unité qui se trouve au nord, à l'ouest et au sud de l'intrusion de Dunraine.

Les contacts nord et sud des roches volcaniques avec l'intrusion de Dunraine, qui occupe la partie sud-est du secteur de Dunraine sont cisailés.

Les roches volcanoclastiques dacitiques se situant sur le flanc sud de l'intrusion de Dunraine sont en contact tectonique avec une unité de roches volcaniques dacitiques calco-alcalines de 220 mètres d'épaisseur. Ces roches volcaniques dacitiques sont intercalées avec de rares horizons de roches volcanoclastiques de même composition. La stratigraphie locale se poursuit vers le sud avec environ 100 mètres de roches volcaniques andésitiques calco-alcalines et de 100 à 150 mètres de roches volcanoclastiques dacitiques calco-alcalines. Le contact entre ces deux unités est stratigraphique et marqué par un horizon métrique minéralisé en pyrite disséminée.

Au sud des roches volcanoclastiques dacitiques se trouve une unité de roches volcaniques andésitiques transitionnelles à calco-alcalines d'une épaisseur variant de 75 à 100 mètres. Ces andésites sont en contact stratigraphique avec les roches tholéiitiques de la Formation de Héva. Le contact entre les formations de Val d'Or et de Héva est marqué par une zone minéralisée en pyrite disséminée à semi-massive atteignant au maximum 10 mètres d'épaisseur. La partie sud-ouest du secteur de Dunraine est entièrement constituée de roches volcaniques et volcanoclastiques de composition andésite-basaltique et d'affinité tholéiitique.

Les intrusions dioritiques transitionnelles se trouvent principalement dans les parties nord-ouest et sud-ouest du secteur de Dunraine tandis que les dykes de gabbro tholéiitiques se retrouvent exclusivement dans les roches de la Formation de Héva. Les monzodiorites se trouvent pour leur part majoritairement dans les roches volcanoclastiques du centre du secteur de Dunraine.

La description détaillée de la pétrographie et de la volcanologie des unités du secteur de Dunraine est présentée dans ce qui suit.

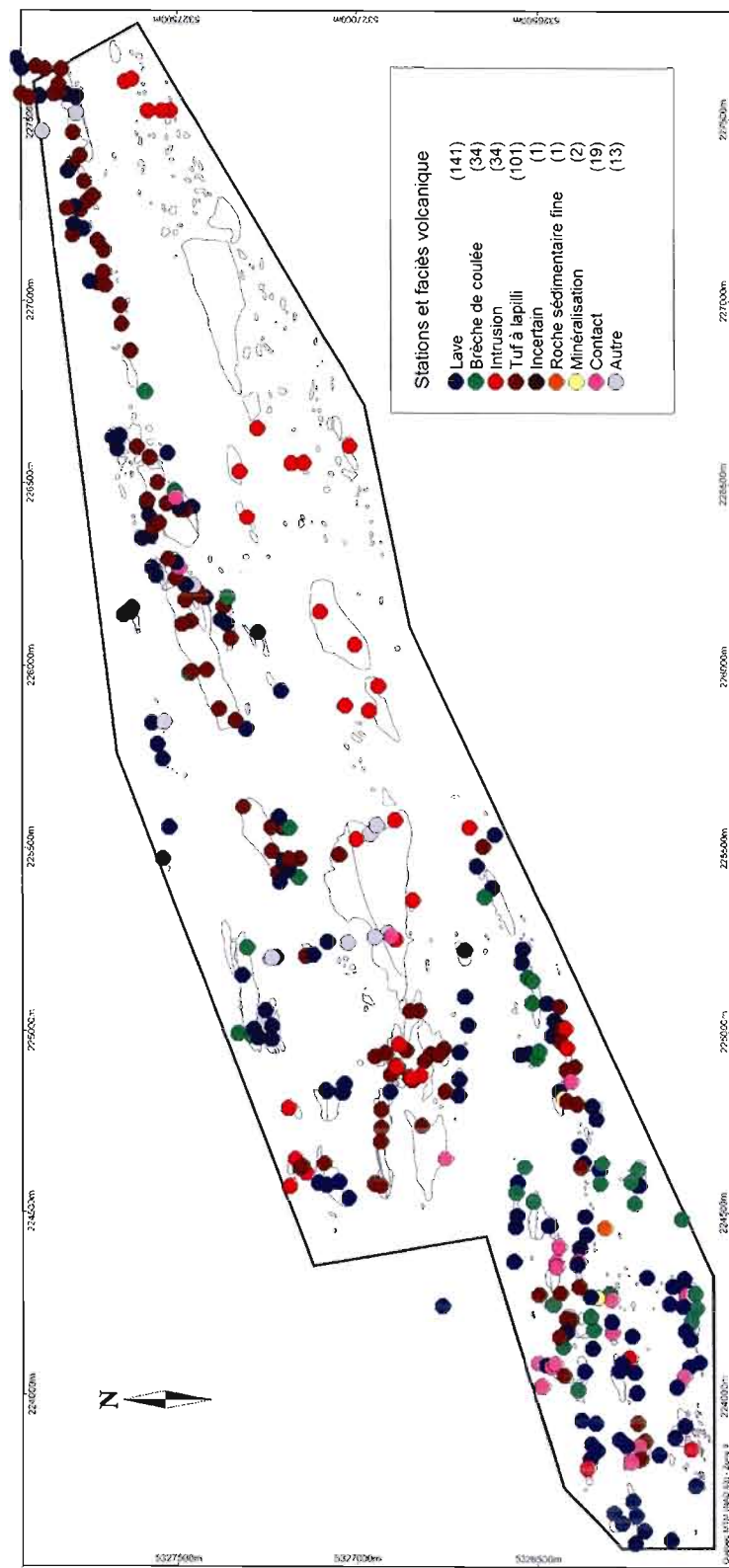


Figure 3.1 : Localisation des stations qui ont permis de réaliser la cartographie du secteur de Dunrain incluant le faciès des roches identifiées.

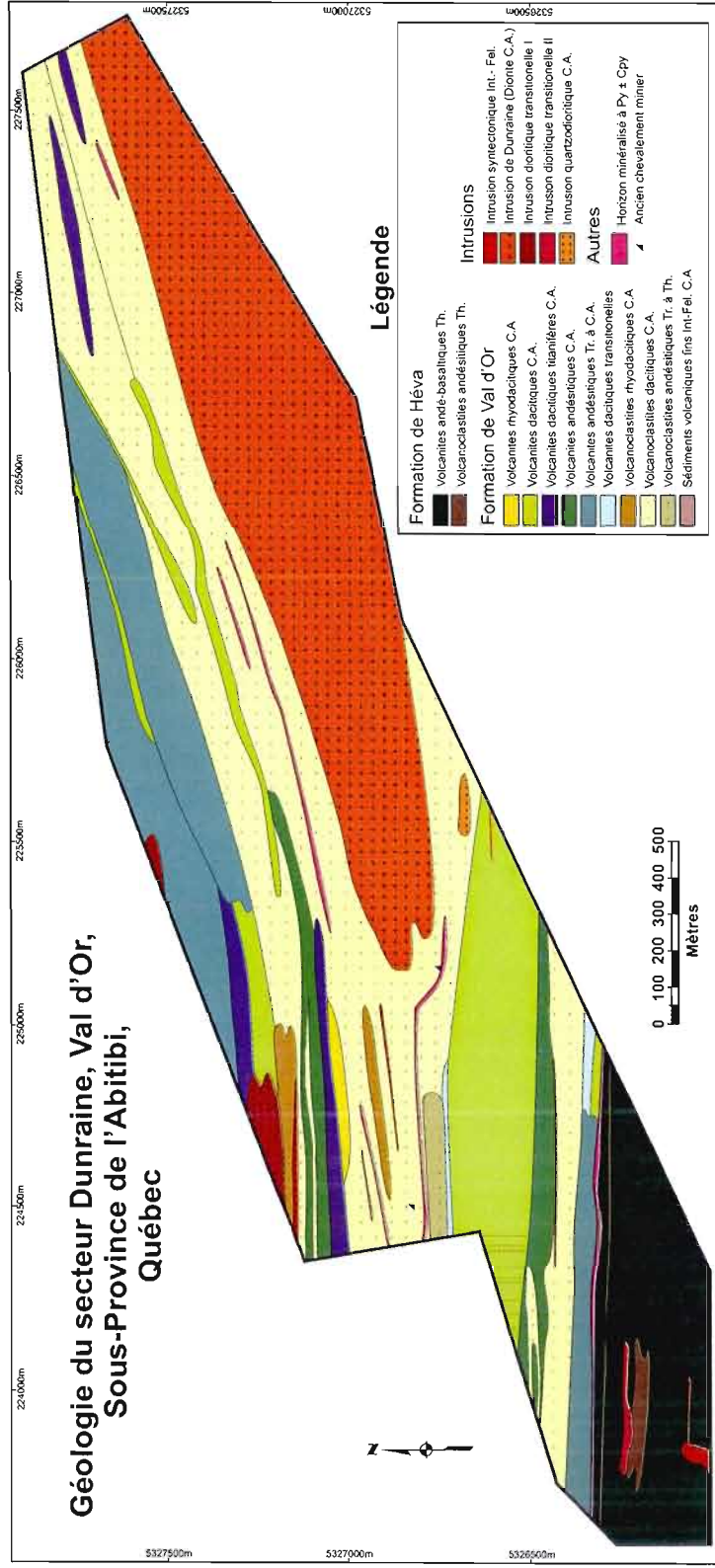


Figure 3.2 : Cartographie simplifiée du secteur de Dunraine. (Voir la carte en pochette détaillée)

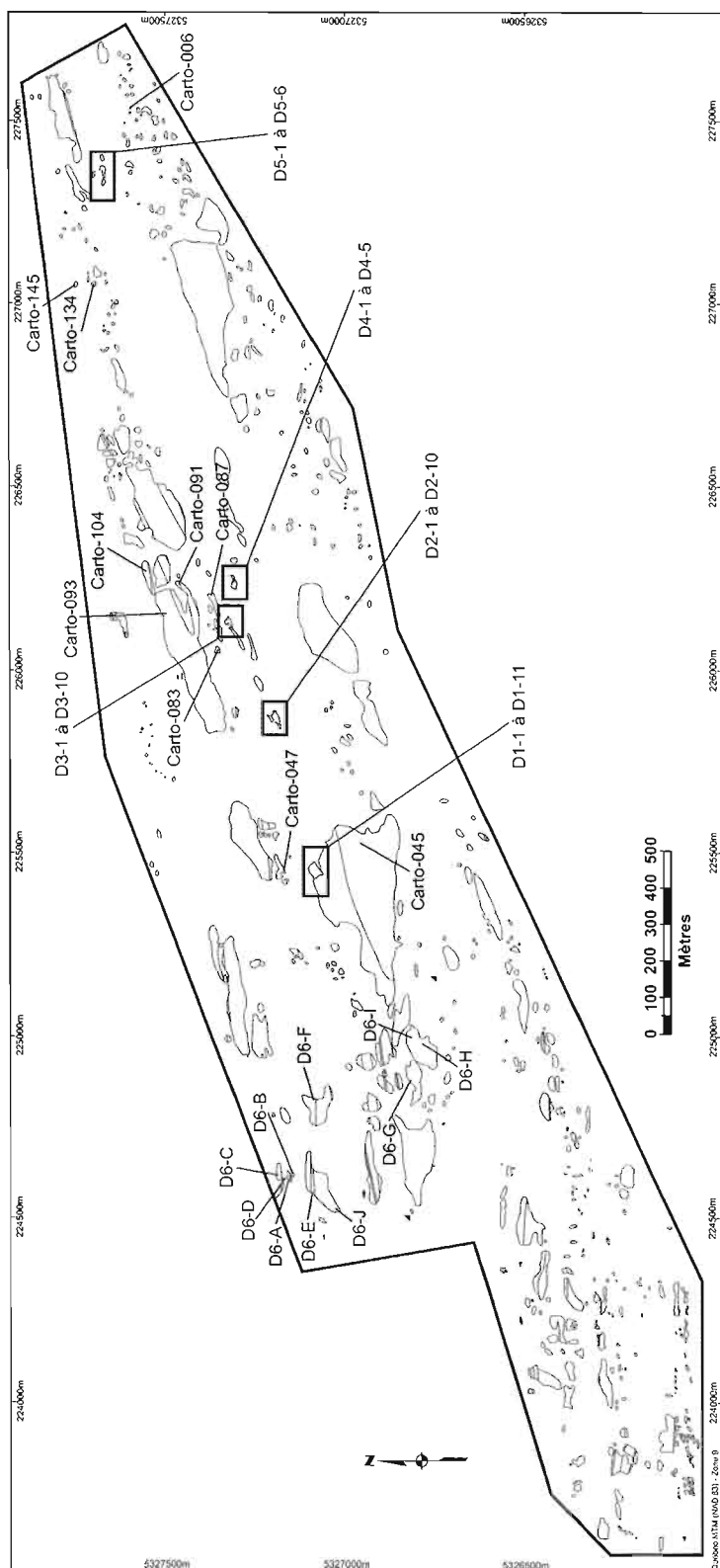


Figure 3.3 : Localisation des échantillons utilisés pour la fabrication de lames minces.

## **3.2 Les roches volcaniques effusives intermédiaires**

### **3.2.1 Andésites basaltiques tholéitiques**

Les andésites basaltiques se présentent sous la forme de laves massives, bréchiques et coussinées, porphyriques, de couleur vert forêt en surface fraîche et vert pâle en affleurement. Ces laves contiennent de 5 à 15% de phénocristaux de plagioclase de 1 à 5 mm de diamètre et jusqu'à 3% d'amygdales millimétriques de quartz dans une mésostase aphanitique. Les laves coussinées renferment jusqu'à 15% de vésicules visibles en surface altérée (planche photographique I-A).

### **3.2.2 Andésites transitionnelles à calco-alkalines**

Les andésites transitionnelles à calco-alkalines se présentent sous la forme de brèches de coulée et de laves massives porphyriques de couleur verdâtre en surface altérée et gris-vert en surface fraîche. Ces laves contiennent de 1 à 10% de phénocristaux de plagioclase millimétriques, jusqu'à 5% d'amygdales de quartz et de calcite de moins de 1 cm de diamètre, ainsi que de 1 à 5% de calcite microcristalline. Des grains millimétriques de magnétite sont parfois visibles.

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le plagioclase, la chlorite, la calcite, le quartz, l'épidote et le rutile. La mésostase microcristalline est majoritairement composée de plagioclase, de chlorite et de calcite millimétrique dans des proportions approximatives de 55, 40 et 5%. Cette mésostase contient également de 1 à 5% de quartz ainsi que des traces de rutile. Les amygdales sont composées de calcite et de quartz et constituent moins de 5% de la roche. Les phénocristaux de plagioclase sont automorphes, faiblement fracturés et altérés en séricite dans des proportions variant de 10 à 90% (planche photographique I-B). L'orientation des cristaux de chlorite définit la schistosité.



### 3.2.3 Andésites calco-alkalines

Les andésites calco-alkalines se présentent sous la forme de brèches de coulée (planche photographique I-C) et de laves massives porphyriques de couleur verdâtre à mauve en surface altérée et vert foncé en surface fraîche. Ces laves contiennent de 1 à 12% de phénocristaux de plagioclase de 1 à 8 mm de diamètre et jusqu'à 5% d'amygdales de quartz centimétriques. Des carbonates de fer ont également été localement identifiés.

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le plagioclase, la chlorite, le quartz, le rutile et un carbonate de fer. La mésostase microcristalline est composée de plagioclase, de chlorite et de quartz dans des proportions approximatives de 55, 35 et 10% respectivement. La mésostase contient également de 1 à 5% de rutile submillimétrique disséminé. Les amygdales sont composées de quartz et les phénocristaux de plagioclase sont automorphes, moyennement fracturés et faiblement altérés en séricite (i.e. de 10 à 30%). Des amas millimétriques de chlorite verte grenue (1 à 5%) sont possiblement des reliques de phénocristaux d'un minéral ferromagnésien. Les fractures qui recoupent la roche contiennent des carbonates de fer et du quartz grossier. L'orientation des cristaux de chlorite définit la schistosité.

## 3.3 Les roches volcaniques effusives felsiques

### 3.3.1 Dacites titanifères calco-alkalines

Les dacites titanifères se présentent sous la forme de brèches de coulée et de laves massives porphyriques de couleur grise verdâtre en surface altérée et gris foncé en surface fraîche. Ces laves contiennent de 1 à 5% de phénocristaux de feldspath de 0,5 à 2 mm de diamètre et jusqu'à 2% de phénocristaux de quartz gris de 1 à 2 mm de diamètre.

Les principaux minéraux observés en lame mince sont la chlorite, le feldspath, la calcite, l'épidote, le rutile et le quartz. La mésostase microcristalline est composée de chlorite, de feldspath et de quartz millimétrique dans des proportions approximatives de 45, 40 et 15%

respectivement. La mésostase contient également des traces d'épidote et de rutile, et jusqu'à 2% de minéraux opaques xénomorphes millimétriques. Les phénocristaux de feldspath sont peu fracturés et faiblement altérés en calcite et en séricite (i.e. de 5 à 15%). L'orientation des cristaux de chlorite définit la schistosité.

### 3.3.2 Dacites calco-alkalines

Les dacites calco-alkalines de type I et II (voir chapitre V) se présentent sous la forme de laves massives aphanitiques et siliceuses de couleur blanche à blanc-rosâtre en surface altérée et gris pâle à gris acier en surface fraîche. Ces laves contiennent moins de 3% de phénocristaux de feldspath et d'amygdales de quartz millimétriques. Certaines coulées renferment jusqu'à 10% de phénocristaux millimétriques de quartz gris et jusqu'à 1% de pyrites millimétriques automorphes. La présence de cassures conchoïdales caractérise ces lithologies et la texture volcanique de « *flow banding* » est localement observable (planche photographique I-D).

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le feldspath, le quartz, la séricite, la chlorite et un carbonate de fer. La mésostase microcristalline est composée de cristaux millimétriques de séricite, de quartz et de feldspath plus ou moins altérés en séricite dans des proportions approximatives de 40, 35 et 25% respectivement. La mésostase contient également jusqu'à 2% de carbonates de fer millimétriques sub-automorphes disséminés, et jusqu'à 3% de chlorite verte microcristalline. Les amygdales de quartz contiennent parfois des carbonates et des cristaux d'épidote. Les phénocristaux de feldspath sont altérés en séricite dans des proportions variant de 5 à 20%. L'orientation des cristaux de chlorite, de séricite ainsi que les phénocristaux de quartz définissent la schistosité.

Les dacites calco-alkalines de type III (voir chapitre V) se présentent sous la forme de laves massives à bréchiques aphanitiques à porphyriques, de couleur vert pâle en surface altérée et gris-vert en surface fraîche. Ces laves contiennent jusqu'à 10% de phénocristaux de feldspath submillimétriques et jusqu'à 2% de phénocristaux millimétriques de quartz. Un réseau de veinules de carbonates de fer recoupe cette unité par endroits. Les caractéristiques

microscopiques de cette unité sont semblables à celles des dacites calco-alkalines I et II à l'exception de la quantité de chlorite dans la mésostase qui est de l'ordre de 20%.

### **3.3.3 Rhyodacites calco-alkalines**

Les rhyodacites calco-alkalines se présentent sous la forme de laves massives porphyriques de couleur blanc crème en surface altérée et gris en surface fraîche. Ces laves contiennent jusqu'à 8% de phénocristaux de feldspaths submillimétrique et jusqu'à 2% de pyrites millimétriques automorphes.

## **3.4 Les roches volcanoclastiques**

### **3.4.1 Roches volcanoclastiques andésitiques**

Les tufs à lapillis et les tufs à blocs andésitiques sont majoritairement constitués de fragments de composition intermédiaire et un peu de fragments mafiques et felsiques. Les fragments varient d'une taille millimétrique à pluri-décimétrique, sont arrondis à sub-anguleux et aplatis dans la schistosité principale. Les fragments sont aphanitiques à porphyriques, parfois vacuolaires et amygdalaires, litées ou massifs et de couleur variant de vert forêt à gris-mauve. La mésostase de ces tufs est aphanitique, gris-vert en surface altérée et vert foncé en surface fraîche et contient occasionnellement jusqu'à 2% de phénocristaux millimétriques de plagioclases. La majorité de ces roches contient plusieurs sortes de fragments qui sont de composition intermédiaire à felsique et parfois porphyriques et/ou vacuolaires mais certains horizons sont monogéniques.

### **3.4.2 Roches volcano-sédimentaires fines**

Les roches volcano-sédimentaires fines du secteur de Dunraine sont constituées de lits centimétriques à décimétriques parfois intercalés d'horizons d'argilite verdâtre et/ou de tufs à lapillis (planche photographique I-E). Ces sédiments sont finement grenus, présentent parfois des structures de granoclassement ou des figures sédimentaires (i.e. des empreintes de charge

et des figures d'érosion) et sont de couleur gris pâle à gris verdâtre en surface altérée et gris acier à vert foncé en surface fraîche. Certains lits contiennent jusqu'à 3% de pyrite automorphe millimétrique et/ou jusqu'à 10% de cristaux de feldspaths.

Les principaux minéraux observés en lame mince formant la mésostase microcristalline des roches volcano-sédimentaires fines sont la séricite, la chlorite, le quartz et le feldspath. Les faciès de composition intermédiaire contiennent une proportion élevée de chlorite et faible de quartz par rapport aux faciès de composition felsique. Certains sédiments sont caractérisés par une concentration en métaux lourds et exotiques tel le sphène, l'apatite, l'allanite et la magnétite pouvant composer jusqu'à 10% de la roche (planche photographique I-F).

### **3.4.3 Roches volcanoclastiques dacitiques et rhyodacitiques**

Les tufs à lapillis et les tufs à blocs dacitiques sont constitués de fragments felsiques millimétriques à pluri-décimétriques. Ces fragments sont anguleux à sub-anguleux et moyennement affectés par la schistosité principale (Planche photographique II-A et B). Ils sont à texture aphanitique ou porphyrique, plus ou moins vacuolaires et amygdalaires, litées ou massifs et de couleur gris foncé à bleu acier. La mésostase de ces tufs est aphanitique, gris pâle en surface altérée et gris foncé en surface fraîche et contient localement des cristaux millimétriques de feldspaths (< 10%). Comme pour les roches volcanoclastiques andésitiques, la majorité de ces roches contiennent des fragments de composition différente mais certains faciès sont monogéniques. Certains horizons de tufs contiennent jusqu'à 5% de clastes centimétriques de sulfures semi-massifs.

La mésostase microcristalline de ces roches est principalement composée de séricite, de quartz et de chlorite avec moins de 10% de cristaux de quartz et/ou de feldspath et moins de 2% de rutilés microcristallins disséminés. Les clastes possèdent une composition minéralogique variée; quartz + séricite + carbonates, quartz + chlorite + séricite, quartz + chlorite + sulfures et séricite + chlorite. Les clastes ainsi que les amas de chlorite et de séricite sont orientés parallèlement à la schistosité.

### **3.5 Les roches volcaniques intrusives**

#### **3.5.1 Gabbro tholéitiques**

Cette unité se présente sous la forme de dykes aphanitiques d'une épaisseur maximale de 2 mètres de couleur vert forêt tant en surface fraîche qu'en surface altérée. Certains dykes contiennent de rares phénocristaux de plagioclase de moins de 1 mm de diamètre et ont une composition basaltique. Des bordures de trempe sont identifiables par endroits.

#### **3.5.2 Diorites transitionnelles**

Les diorites transitionnelles sont porphyriques et grises en surface altérée à grises-vertes en surface fraîche. Ces intrusions contiennent de 20 à 45% de phénocristaux de plagioclase de 3 à 12 mm de diamètre et de 5 à 15% d'un minéral porphyrique ferromagnésien transformé en amas de chlorite de 1 à 5 mm de diamètre. Cette lithologie contient également jusqu'à 10% d'amygdales de Qtz à texture saccharoïde de 2 à 4 mm de diamètre. Une intrusion en contact avec des roches volcanoclastiques présentent une texture de pépérite, ce qui implique une mise en place à faible profondeur dans des roches volcanoclastiques peu consolidées et gorgées d'eau (Skilling et al., 2002).

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le plagioclase, la chlorite, le quartz et l'épidote. La mésostase microgrenue est composée de plagioclase, de chlorite, de quartz et d'épidote dans des proportions approximatives de 50, 30, 12 et 8% respectivement. La mésostase contient parfois de 2 à 4% de carbonates de fer disséminés. Les amygdales sont composées de quartz et de chlorite avec de faibles proportions d'épidote. Les phénocristaux de plagioclase sont peu fracturés et altérés en séricite et épidote (i.e. de 50 à 90%).

#### **3.5.3 Intrusion de Dunraine (diorite calco-alcaline)**

L'intrusion de Dunraine est grenue en son centre et fortement cisailée sur les bordures. La roche est de couleur gris-verte en surface altérée et vert foncé en surface fraîche. La partie

centrale est caractérisée par un assemblage qui contient 30% de phénocristaux de plagioclase de 3 à 8 mm de diamètre et 40% d'amas de chlorite de 2 à 6 mm de diamètre dans une mésostase microgrenue. Les bordures de l'intrusion sont composées de schistes à séricite et chlorite contenant jusqu'à 10% de phénocristaux de plagioclase de 1 à 3 mm de diamètre. Des amygdales de quartz millimétriques ainsi que de rares yeux de quartz bleuté ont été identifiés dans cette lithologie.

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le plagioclase, la chlorite, le quartz, la calcite, la séricite et le rutile. La partie centrale de l'intrusion est composée de phénocristaux de plagioclase moyennement altérés en séricite et calcite (i.e. de 10 à 60%) et d'amas de chlorite dans une mésostase microgrenue à plagioclase, quartz, chlorite et rutile. Les bordures schisteuses sont composées d'une mésostase aphanitique de séricite, chlorite et quartz contenant des phénocristaux de plagioclase altérés en séricite et en calcite (i.e. plus de 60%).

#### **3.5.4 Monzodiorites**

Les monzodiorites se présentent sous forme de dykes et d'intrusions de couleur brunâtre en surface altérée et vert-brun en surface fraîche (planche photographique II-C). Les intrusions contiennent de 30 à 50% de phénocristaux verdâtres de feldspath de 0,5 à 1 cm de diamètre baignant dans une mésostase schisteuse de séricite et de chlorite. Les dykes sont fortement déformés et contiennent de 2 à 5% de phénocristaux de feldspath de 1 à 2 mm de diamètre baignant dans une mésostase de séricite et de chlorite. L'altération brune typique des carbonates de fer souligne leur présence.

Les principaux minéraux observés en lame mince sont le feldspath, la chlorite, la séricite, le quartz et un carbonate de fer. Les phénocristaux de feldspath, qui sont moyennement altérés en séricite et en calcite (i.e. de 10 à 55%) (planche photographique II-D), ainsi que les amas de chlorite fibroradiée, sont contenus dans une mésostase microgrenue à feldspath, chlorite et quartz.

Tableau 3.1 : Récapitulatif des principales propriétés des lithologies présentes dans le secteur de Dunraine.

| Unité                     | Faciès                           | Couleur<br>(frais/altéré)    | Épaisseur | Texture  | Autre                                      |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|--|--|
| Andésite<br>basaltique    | Massif,<br>Coussiné<br>Bréchique | Vert forêt /<br>Vert pâle    | > 300 m   | Porphyrique à Plg (5-15%; 1-5 mm)<br>< 3% amygdales de Qtz (1-2 mm)<br>< 15% vésicules                     | Formation de Héva                          |
| Andésite Tr. à<br>C.A.    | Massif,<br>Bréchique             | Gris-vert /<br>Verdâtre      | < 250 m   | Porphyrique à Plg (1-10%; 1-2 mm)<br>< 5% amygdales de Qtz-Cb (< 1 cm)<br>1-5% de calcite microcristalline | Parfois 1-5% de Mt<br>(< 2 mm)             |
| Andésite C.A.             | Massif,<br>Bréchique             | Vert foncé /<br>Vert-mauve   | < 100 m   | Porphyrique à Plg (1-12%; 1-8 mm)<br>< 5% amygdales de Qtz (< 1 cm)  | Fe-Cb localement                           |
| Dacite titanifère<br>C.A. | Massif,<br>Bréchique             | Gris foncé /<br>Gris-vert    | < 75 m    | Porphyrique à Plg (1-5%; 0.5-2 mm)<br>et à Qtz (< 2%; 1-2 mm)  |  |
| Dacite C.A. I et<br>II    | Massif                           | Gris pâle /<br>Blanc rosâtre | < 50 m    | Porphyrique à Plg (< 3%; < 1 mm)<br>et à Qtz (< 10%; < 2 mm)   | Cassure conchoïdale<br><i>Flow banding</i> |
| Dacite C.A. III           | Massif,<br>Bréchique             | Gris-vert /<br>Vert pâle     | < 50 m    | Porphyrique à Plg (< 10%; < 1 mm)<br>et à Qtz (< 2%; < 1 mm)   |  |
| Rhyodacite<br>C.A.        | Massif                           | Gris / Blanc<br>crème        | < 25 m    | Porphyrique à Plg (< 8%; < 1 mm)   | < 2% Py (< 2 mm)                           |

Tableau 3.1 : Récapitulatif des principales propriétés des lithologies présentes dans le secteur de Dunrairie. (suite)

| Unité  | Faciès                               | Couleur<br>(frais/altéré) | Épaisseur         | Texture   | Autre   |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|---|---|
| Volcanoclastite<br>andésitique                 | Fragmentaire<br>Polygénique          | Gris foncé /<br>Gris-vert | < 100 m           | Clastes Int. à Maf. (cm à dm), rond a sub-<br>anguleux, ± phénocristaux, amygdales                                  |   |
| Roche volcano-<br>sédimentaire<br>fine         | Litée<br>(cm-dm)                     | Gris acier /<br>Gris pâle | < 10 m            | Argilite et tuf à lapilli localement<br>Granoclassement, structures sédimentaires                                   | Sphène, apatite,<br>allanite, magnétite<br>localement |
| Volcanoclastite<br>dacitique-<br>rhyodacitique | Fragmentaire<br>Poly-<br>monogénique | Gris pâle /<br>Gris foncé | > 200 m           | Clastes Int. à Fel. (cm à dm), rond a sub-<br>anguleux, ± phénocristaux, amygdales<br>Clastes de sulfure localement | Encaissant de la<br>minéralisation                    |
| Gabbro Th.                                     | Dyke                                 | Vert forêt                | < 2 m             | Aphanitique<br>± phénocristaux Plg (<1 mm)  |   |
| Diorite Tr.                                    | Intrusion<br>massive                 | Gris-vert /<br>Gris       | > 100 m           | Porphyrique à Plg (25-40%; < 1 cm)<br>Amas de Chl (5-10%; 1-5 mm)<br>Amygdales de Qtz (< 10%; 2-4 mm)               | Pépérites localement                                  |
| Intrusion de<br>Dunrairie                      | Intrusion<br>massive                 | Vert foncé /<br>Gris-vert | 50 m à<br>> 300 m | Porphyrique à Plg (30%; < 8 mm)<br>Amas de Chl (40%; 2-6 mm)<br>Rares phénocristaux de Qtz bleu                     | 2704 ± 3 Ma   |
| Monzodiorite                                   | Intrusion et<br>dyke                 | Vert-brun /<br>Brunâtre   | 1 m à<br>75 m     | Porphyrique à Plg (30-50%; < 1 cm)<br>Altération supergène brune<br>Fortement déformé                               | Riche en Fe-Cb  |



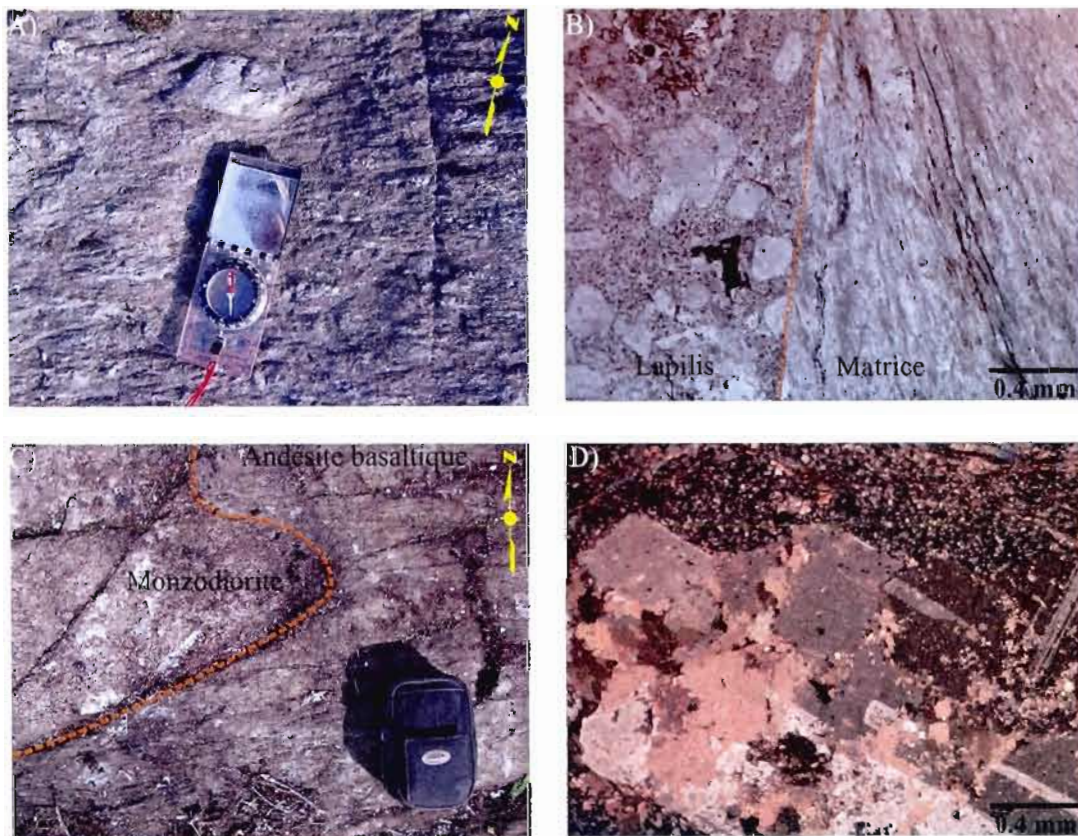
# Planche Photographique I



A) Brèche de coussin d'andésite basaltique porphyrique et vésiculaire, B) Phénocristaux de feldspath faiblement altérés en séricite dans une lave andésitique (lumière transmise polarisée), C) Brèche de coulée d'andésite montrant une texture en "jigsaw" typique, D) Texture de "flow banding" faiblement développée dans une lave dacitique, E) Lits décimétriques dans une roche volcano-sédimentaire fine, F) Roche volcano-sédimentaire fine, litée et riche en sphène et magnétite (lumière transmise polarisée non-anlysée).



# Planche Photographique II



A) Tuf à lapilli polygénique dacitique calco-alkalin, B) Claste porphyrique dans la matrice microcristalline d'un tuf à lapilli andésitique (lumière transmise polarisée non-analysée), C) Monzodiorite recoupant une andésite basaltique massive, D) Phénocristaux de plagioclase altéré en carbonates dans une intrusion de monzodiorite (lumière transmise polarisée).

## **CHAPITRE IV**

### **CARTOGRAPHIE DES DÉCAPAGES**

Ce chapitre est consacré à la description détaillée des six décapages cartographiés à l'échelle de 1:100 au cours de ce projet. Les cinq premiers décapages (D1 à D5) ont été réalisés par la compagnie Alexis Minerals tandis que le 6<sup>ième</sup> décapage (D6) est situé sur un ancien site de rejets miniers nettoyé par la compagnie minière IAMGOLD au cours de l'été 2009. Les six décapages se situent le long de la zone minéralisée qui borde le flanc nord de l'intrusion de Dunraine (figure 4.1). Des schémas de détail réalisés sur le décapage D6 sont également présentés afin d'illustrer certaines particularités de la géologie de ce secteur.

#### **4.1 Décapage D1**

Le décapage D1 a une superficie d'environ 40 mètres par 40 mètres et se situe dans une série de roches volcanoclastiques fortement altérées (figure 4.2) formée de tufs à lapillis et blocs, de tufs à lapillis et de tufs fins. L'extrémité nord du décapage est constituée de tufs fins et de tufs à lapillis dacitiques intensément chloritisés de couleur vert sombre. Ces tufs chloritisés sont en contact avec une série de tufs fins et de tufs à lapillis dacitiques grisâtres moyennement séricitisés et chloritisés. Les tufs à lapillis sont polygéniques et contiennent de 20 à 50% de clastes felsiques, aphanitiques à porphyriques, de couleur gris acier à blanc, qui sont en relief positif par rapport à la mésostase et qui présentent parfois une texture vacuolaire (planche photographique III-A).

La partie centrale du décapage est constituée de roches volcanoclastiques fortement altérées contenant la minéralisation de pyrite et chalcoppyrite. La pyrite est disséminée dans les roches volcanoclastiques tandis que la chalcoppyrite se présente sous la forme de veines, de veinules et d'amas semi-massifs orientés sub-parallèlement et transposés dans la schistosité régionale. Les faciès volcaniques de la zone minéralisée sont difficiles à identifier à cause de

l'intense altération hydrothermale en séricite, chlorite et silice (planche photographique III-B). Le contact entre la zone minéralisée et les lithologies la bordant au nord et au sud est graduel sur moins de 1 mètre et marqué par la disparition des sulfures et la diminution de l'altération hydrothermale.

La partie située au sud de la zone minéralisée se compose de tufs à lapillis et tufs à blocs dacitiques moyennement altérés en séricite et en chlorite. Les tufs à blocs sont monogéniques. Au moins trois types de clastes (gris acier aphanitique, blanchâtres aphanitiques et gris vacuolaires) sont cependant identifiés dans les tufs à lapillis. Un dyke mafique de composition dioritique recoupe les roches volcanoclastiques du sud (planche photographique III-C). Ce dyke brun verdâtre en surface altérée est majoritairement constitué de chlorite (50%), de quartz (35%), de carbonate et de séricite.

Une schistosité d'orientation moyenne N260°/80° et d'intensité moyenne à forte est présente sur le décapage D1, et est particulièrement bien développée dans la zone minéralisée. La zone minéralisée est transposée et suit approximativement l'orientation de cette fabrique régionale. Le plan de schistosité contient une linéation d'étirement du quartz à fort pendage vers l'est et une linéation minérale définie par les micas blancs à pendage subhorizontal ainsi qu'une crénulation subverticale (voir chapitre VI). Une série de petites failles d'orientation NNE à ENE, dont le mouvement apparent est majoritairement senestre, décalent la minéralisation et le dyke mafique sur moins de 1 mètre. Le mouvement apparent de ces failles mineures semble majoritairement senestre et dextre par endroits. Finalement, une série de plis dextres en chevron (*kink band*) d'orientation N000° à N010° avec pendage subvertical est présente sur l'ensemble de l'affleurement. Cette structure est cependant mieux développée dans la zone minéralisée.

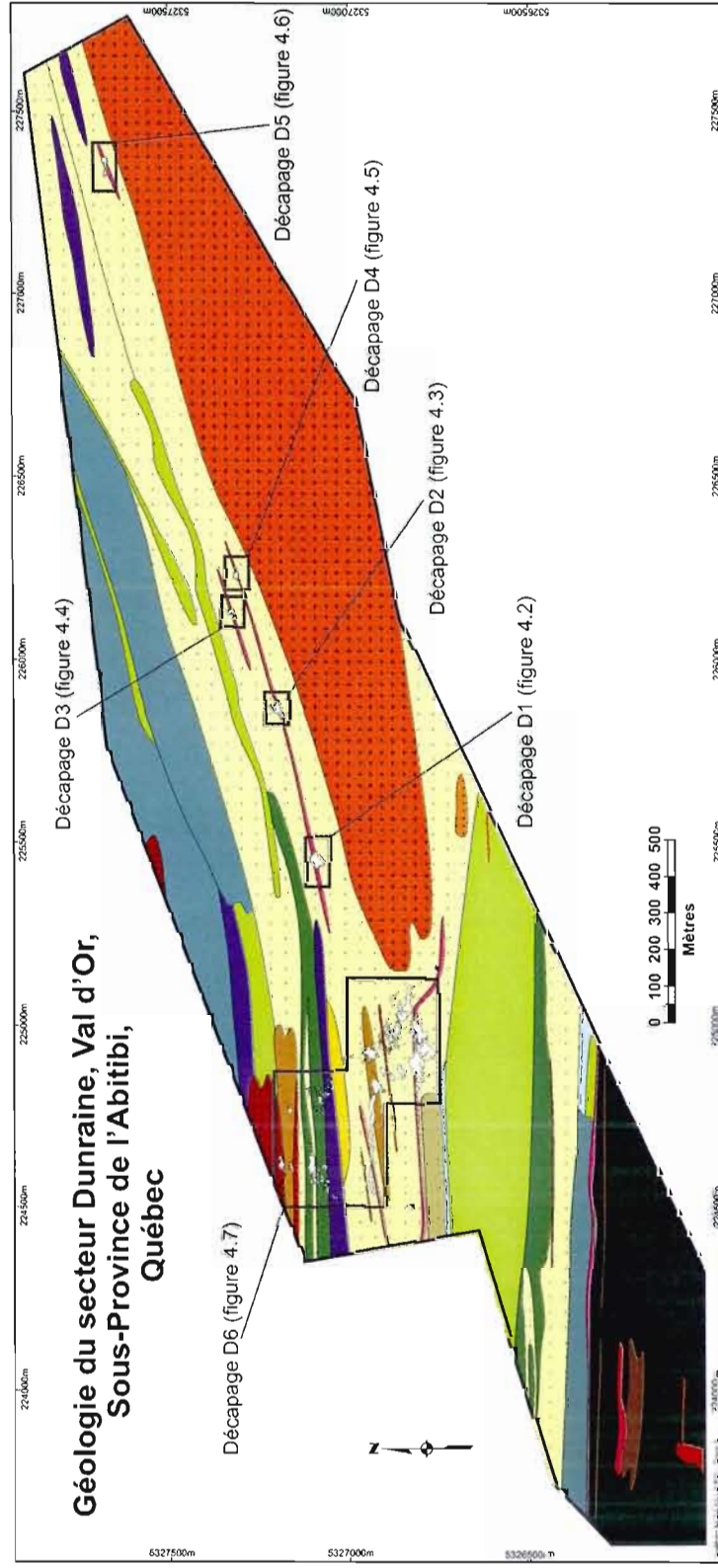


Figure 4.1 : Localisation des décapages projetés sur la carte géologique produite au cours de ce projet. Voir la carte en pochette pour la légende détaillée.



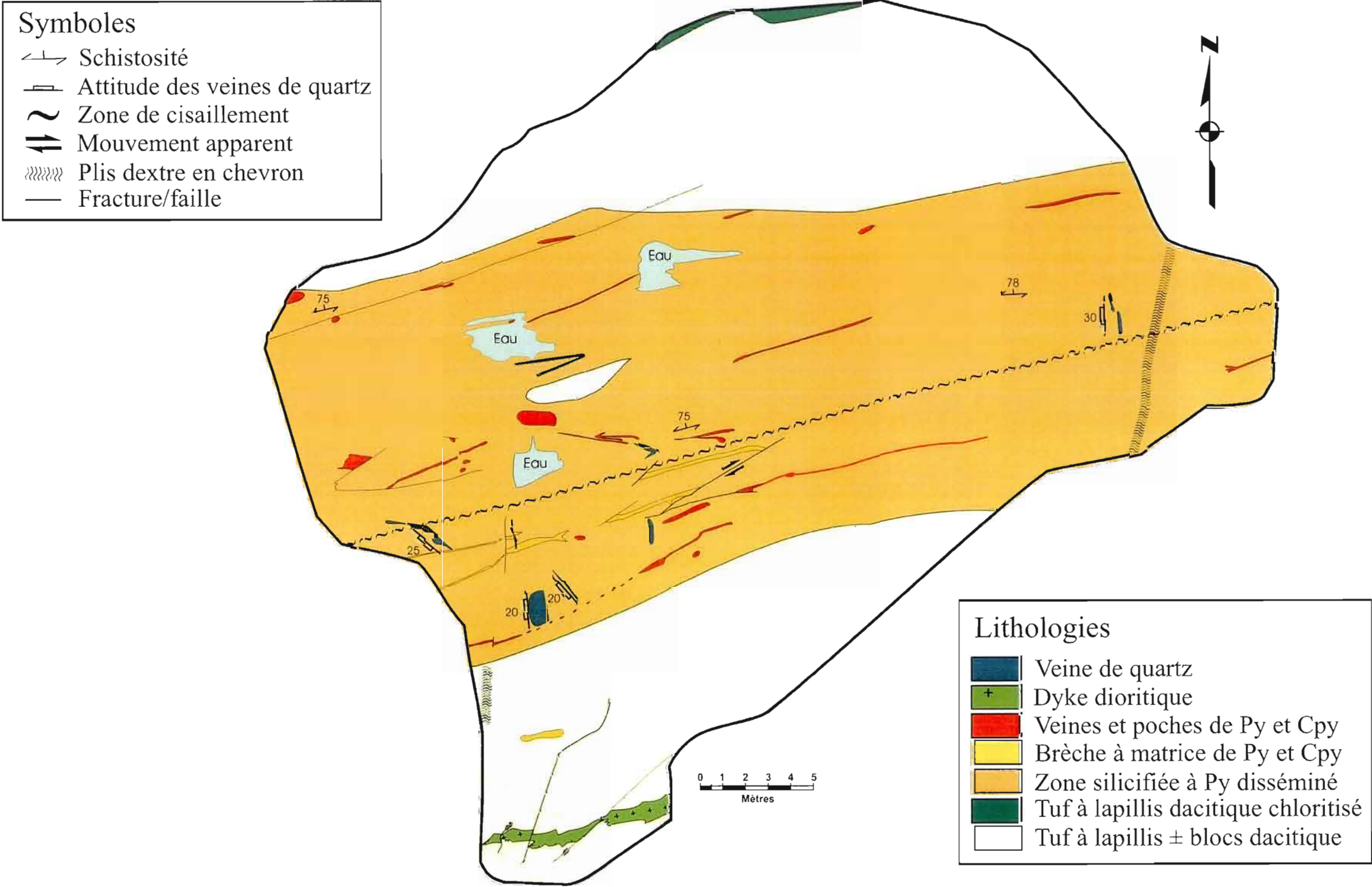
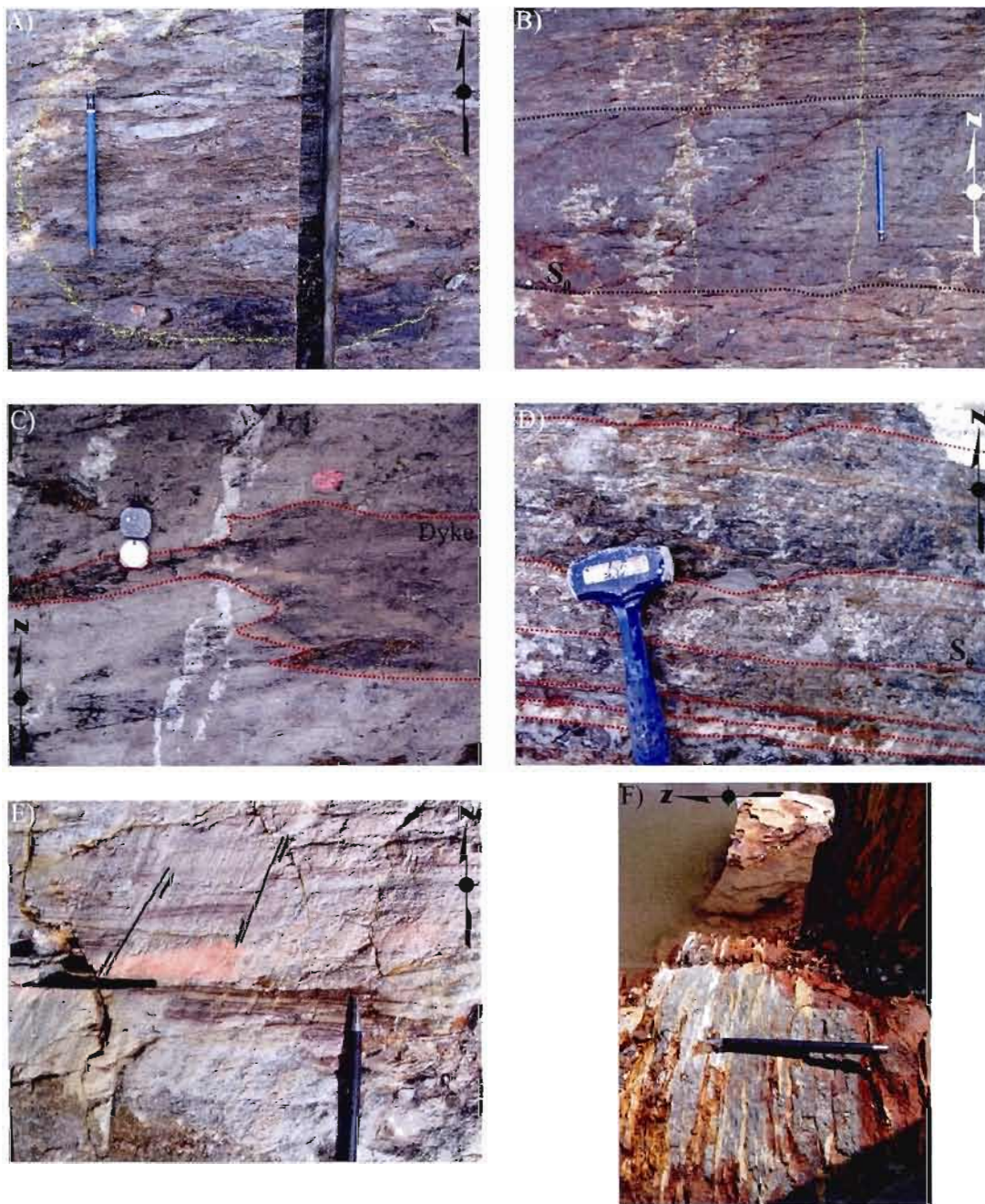


Figure 4.2 : Cartographie à l'échelle de 1: 200 du décapage D1 sur la propriété Dunraine.

### Planche Photographique III



A) Tuf à lapilli polygénique dacitique sur le décapage D1, B) Litage dans les tufs altérés de la zone minéralisée du décapage D1, C) Dyke dioritique transposé dans la schistosité recoupant les roches volcanoclastiques du décapage D1, D) Roches volcano-sédimentaires felsiques fines lités du décapage D2, E) Failles synsédimentaires dans les roches volcano-sédimentaires fines du décapage D2, F) Horizon de pyrite massive plissée et transposée sur le décapage D2.

## 4.2 Décapage D2

Le décapage D2 est situé à environ 400 mètres au nord-est du décapage D1 et a une superficie d'environ 45 mètres est-ouest par 25 mètres nord-sud. Ce décapage se situe dans une série de roches volcaniques felsiques altérées (figure 4.3). Le nord de l'affleurement est constitué de tufs à lapillis dacitiques polygéniques contenant également quelques blocs. Des lapillis blancs et porphyriques à plagioclase, des lapillis gris acier aphanitiques et des lapillis verts contenant de la fuschite ont été identifiés. Une série de roches volcano-sédimentaires à grain fin se trouvent au sud de cette unité.

Les roches volcano-sédimentaires fines forment des lits centimétriques à décimétriques de composition felsique (planche photographique III-D). Les roches à grains les plus fins ont une apparence chertreuse tandis que les roches plus grossières montrent des petits clastes chloriteux dans une mésostase séricitisée. Des lits rougeâtres composés de séricite, de quartz et de pyrite sont aussi présents dans cette unité et représentent probablement des horizons exhalatifs. De petites failles synsédimentaires ont été identifiées dans la partie nord de cette unité (planche photographique III-E).

Les roches volcano-sédimentaires sont en contact, au sud, avec des roches volcanoclastiques dacitiques. Ces roches présentent une texture clastique uniquement dans les endroits où l'altération en séricite est poussée. La présence d'amygdules de quartz et de géodes de dégazage millimétriques dans la mésostase jette un doute sur la nature clastique de ces roches. Les travaux de McPhie et al. (1993) dans les roches volcaniques cambriennes du mont Read, en Tasmanie, montrent par contre qu'il est possible de retrouver des vacuoles et des amygdules dans des roches pyroclastiques soudées. La partie sud de cette lithologie est en contact avec la zone minéralisée et montre une altération en séricite, quartz et chlorite. Quelques veinules de pyrite et de chalcopryrite ainsi que des sulfures disséminés sont présents au contact de la zone minéralisée.

La zone minéralisée a une épaisseur variant de 60 cm à 1,5 mètre et est caractérisée par des veines et veinules de pyrite ayant été plissées de manière isoclinale et transposées dans la



schistosité (planche photographique III-F). La pyrite constitue jusqu'à 60% de la roche dans les zones les plus fortement minéralisées. Une gangue aphanitique à séricite et quartz encaisse la minéralisation. Les zones plus riches en chalcoppyrite sont accompagnées de quartz grossier et de chlorite magnésienne ayant une biréfringence grise en microscopie et qui montre une texture d'intercroissance avec la chalcoppyrite.

Les roches volcanoclastiques dacitiques au sud de la zone minéralisée montrent une texture clastique et contiennent des petits yeux de quartz bleuté par endroits. La présence de clastes composés de chlorite et de quartz est confirmée en lame mince. De rares veinules de pyrite et de chalcoppyrite ainsi que des sulfures disséminés sont présents dans la portion nord de l'unité qui est en contact avec la zone minéralisée. La minéralisation est accompagnée d'une silicification et d'une chloritisation de la roche hôte.

La déformation régionale montre les mêmes caractéristiques que sur le décapage D1. La déformation est plus intense dans la zone minéralisée et immédiatement au nord de cette dernière. Les deux linéations d'étirement et la crénulation observées précédemment sont également présentes dans le plan de schistosité. Les contacts géologiques et la zone minéralisée sont transposés parallèlement à la schistosité. Une faille inverse d'attitude N260°/45° ayant un rejet d'environ 2 mètres et recoupant la schistosité est identifiable sur les parois d'une zone dynamitée au milieu du décapage. Cette faille s'est développée dans la zone minéralisée fortement altérée et moins compétente. Finalement, une faille à mouvement apparent dextre et d'orientation nord-est/sud-ouest vient décaler d'une trentaine de cm l'horizon minéralisé dans la partie ouest du décapage.

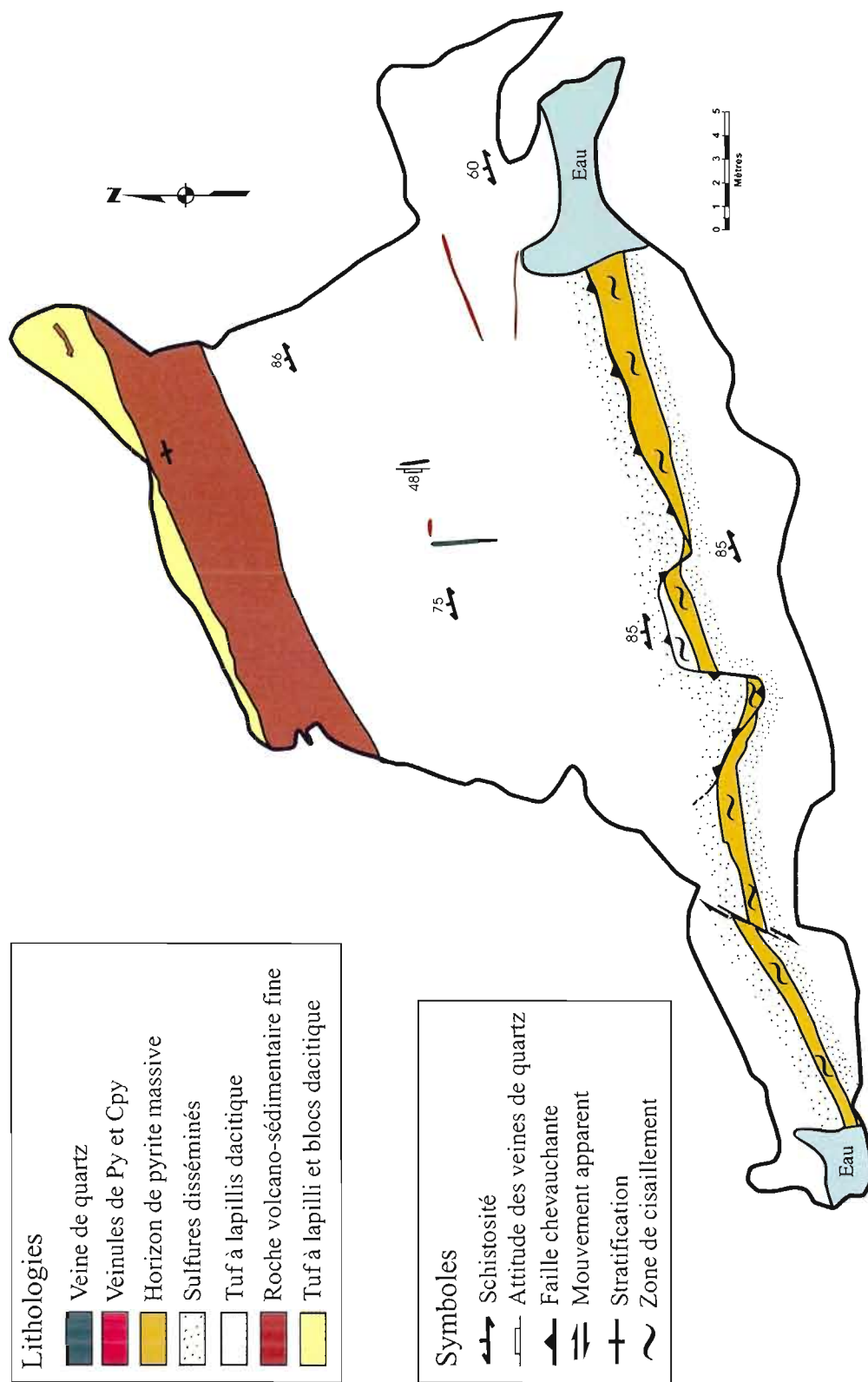


Figure 4.3 : Cartographie à l'échelle de 1 : 200 du décapage D2 sur la propriété Dunraine.

### 4.3 Décapage D3

Le décapage D3 a une superficie d'environ 25 mètres par 15 mètres et se situe à 300 mètres au nord-est du décapage D2 (figure 4.4). Les roches volcanoclastiques présentes sur cet affleurement sont d'affinité dacitique. La partie nord du décapage expose une zone de cisaillement fortement altérée en carbonates de fer et en séricite (planche photographique IV-A). Ce cisaillement ne contient aucune minéralisation cuprifère ou aurifère. Les portions de roches moins altérées dans le cisaillement montrent des phénocristaux de plagioclase et de hornblende dans une mésostase de séricite et de quartz. Cette unité est possiblement un dyke syntectonique porphyrique fortement altéré ayant subi la déformation régionale.

Le contact entre la zone de cisaillement à carbonates de fer et les roches volcanoclastiques au sud est marqué par une veine de quartz et carbonates de fer. Ces roches volcanoclastiques sont d'affinité dacitique et sont constituées d'une mésostase à séricite et quartz contenant 30 à 40% de clastes chloriteux. Des horizons exhalatifs rougeâtres décimétriques, fins et pyriteux, semblables à ceux observés sur le décapage D2, sont intercalés avec les roches volcanoclastiques. Une polarité stratigraphique vers le nord a pu être établie grâce à une empreinte de charge et des figures d'érosion dans un des horizons exhalatifs (planche photographique IV-B et C). Certains horizons exhalatifs sont constitués de lambeaux de strates démembrées et incorporées dans les roches volcanoclastiques tandis que d'autres horizons sont continus. Les roches volcanoclastiques contiennent des amygdales de quartz et des géodes de dégazage. L'unité devient légèrement minéralisée et altérée en séricite et en chlorite en s'approchant de la zone minéralisée. La minéralisation se trouve dans les géodes de dégazage ainsi que sous la forme de veinules de pyrite et de chalcopryrite et de dissémination.

La zone minéralisée fait environ 3 mètres d'épaisseur, est transposée dans la schistosité, et montre les mêmes altérations et caractéristiques que les zones minéralisées décrites précédemment. La quantité de sulfures est par contre beaucoup moins importante que sur le décapage D1 et il n'y a pas de zone à pyrite massive comme sur le décapage D2. Un contact franc et marqué par la disparition d'une altération en limonite supergène (rouille) sépare la

zone minéralisée de la roche encaissante. Les roches au sud de la minéralisation sont identiques aux roches volcanoclastiques de la zone médiane du décapage.

Les éléments structuraux observés sur cet affleurement sont les mêmes que sur les décapages précédents. La schistosité régionale a une attitude moyenne de  $N260^{\circ}/80^{\circ}$  et est plus intense dans la zone minéralisée ainsi que dans le dyke cisailé au nord de l'affleurement. La linéation d'étirement et la crénulation observées précédemment sont également présentes, alors que les lithologies et la zone minéralisée sont orientées sub-parallèlement à la schistosité.

#### 4.4 Décapage D4

Ce décapage a une dimension de 25 mètres par 10 mètres et est localisé à 100 mètres au sud-est du décapage D3. La partie nord du décapage est constituée de tufs à lapillis polygéniques dacitiques (figure 4.5). Les clastes ont une dimension variant de 5 mm à 3 cm, sont aphanitiques, vacuolaires ou porphyriques et de composition felsique à intermédiaire. Certains lapillis montrent des litages primaires non parallèles à la schistosité (planche photographique IV-D), ce qui permet de présumer que ces tufs sont le résultat de l'érosion et de la sédimentation de roches volcaniques préexistantes. La mésostase de ces roches volcanoclastiques est aphanitique et poreuse en surface altérée. De petits lambeaux d'exhalites pyriteuses sont présents dans la partie est du décapage.

Les tufs à lapillis sont chloritisés dans la partie sud du décapage. Cette altération masque les textures primaires de la roche et est accompagnée d'une minéralisation à pyrite et chalcoppyrite comme sur les autres décapages. Des veinules de pyrite et de chalcoppyrite ainsi que de la pyrite disséminée caractérisent la zone minéralisée. La minéralisation cuprifère est accompagnée d'une intense silicification et chloritisation de la roche hôte.

Les fabriques structurales sont identiques à celles des décapages précédents, soit une schistosité d'orientation  $N260^{\circ}/80^{\circ}$ , une linéation d'étirement subverticale et une autre subhorizontale, une crénulation verticale et des plis en chevron orientés nord/sud.

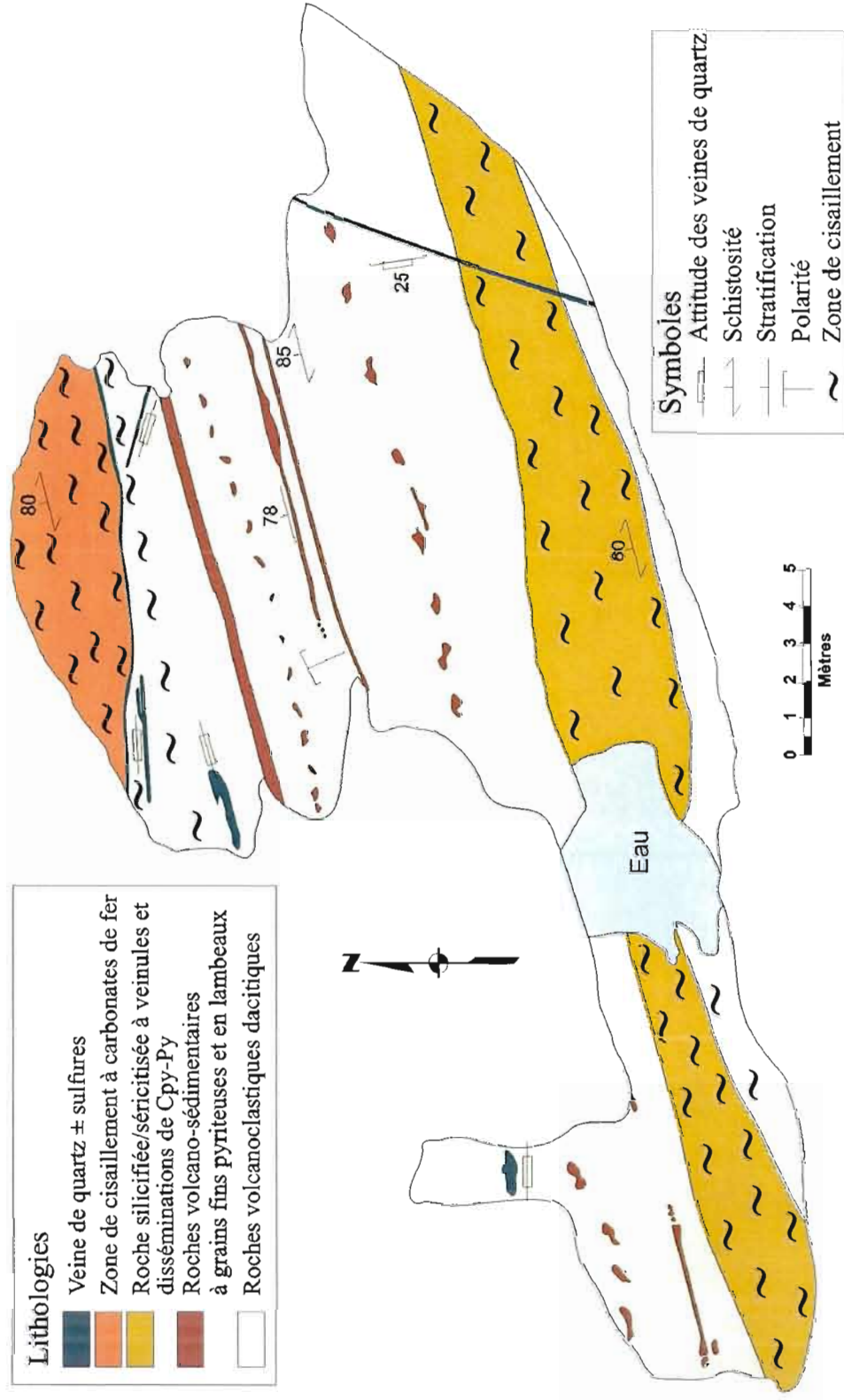


Figure 4.4 : Cartographie à l'échelle de 1 : 200 du décapage D3 du secteur de Dunraive.

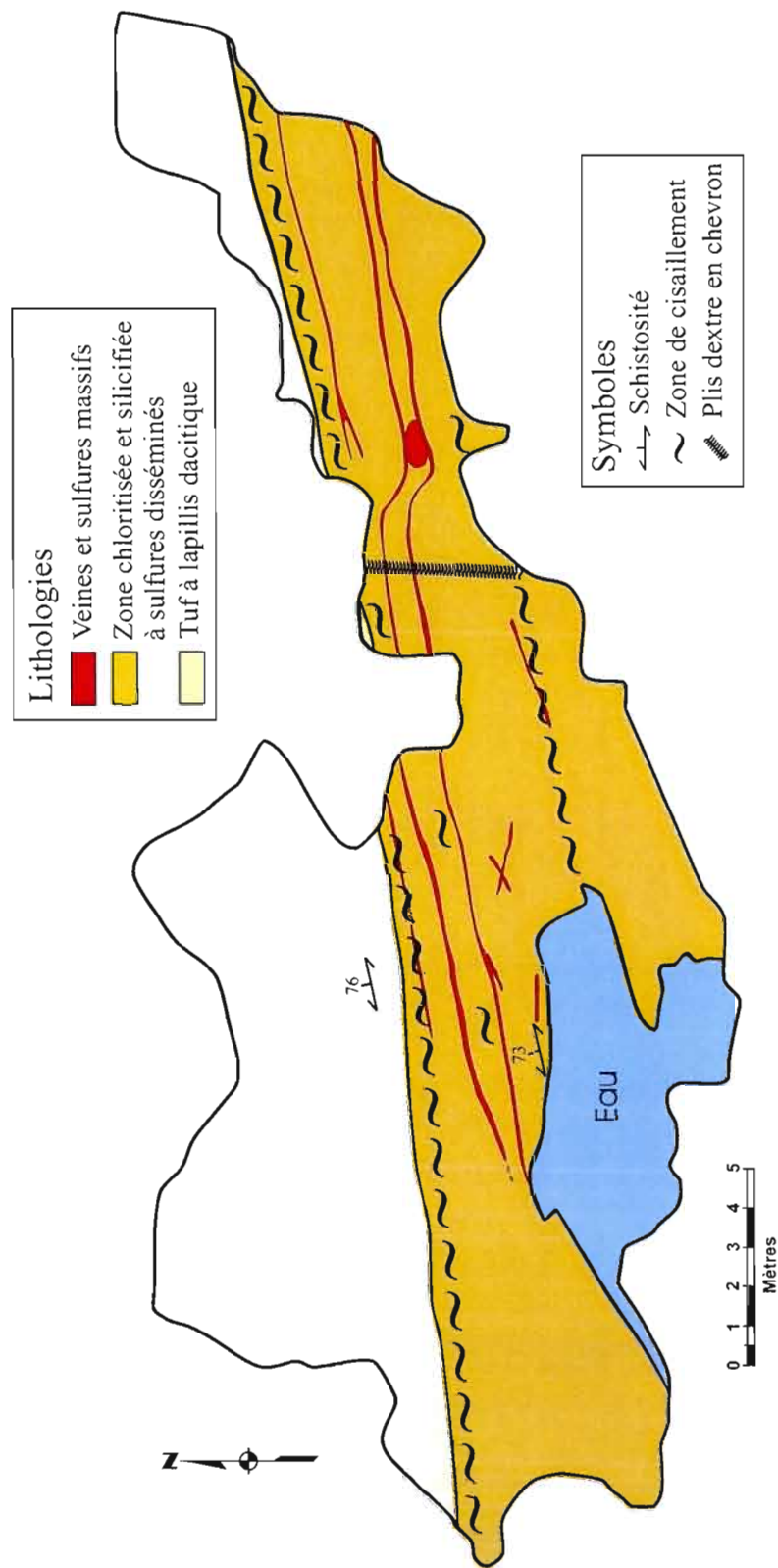


Figure 4.5 : Cartographie à l'échelle de 1 : 200 du décapage D4 du secteur de Dunraîne.

## 4.5 Décapage D5

Le décapage le plus à l'ouest de la série se situe à une distance de 1,15 km au nord-est du décapage D4 (figure 4.6). La lithologie encaissant la minéralisation est semblable à celle des 4 décapages précédents. Les lapillis de 2 mm à 1 cm de diamètre sont de composition felsique à intermédiaire avec une mésostase principalement à séricite et quartz. La zone minéralisée montre les mêmes caractéristiques que sur les décapages précédents. Une forte altération en chlorite est associée avec la pyrite disséminée, et une silicification est observable près de la minéralisation en chalcopryrite. La zone minéralisée est orientée parallèlement à la schistosité régionale et est plus cisailée que la roche hôte. La partie au sud de la minéralisation est fortement altérée et est recoupée par des filonnets de chlorite massive (planche photographique IV-E). Le protolithe de cette roche à séricite, chlorite, quartz et carbonates de fer est difficilement identifiable mais aucun contact franc n'a été identifié avec les roches volcanoclastiques du nord. Les structures observées sur les autres décapages sont présentes ici aussi. De plus, la présence de structures d'entraînement dextre de la schistosité permet de soupçonner un mouvement décrochant parallèle à la schistosité.

## 4.6 Décapage D6

Le décapage D6 fait environ 650 mètres de longueur selon un axe nord-ouest/sud-est et environ 200 mètres de largeur et se situe approximativement à 500 mètres à l'ouest du décapage D1. Ce décapage permet de visualiser une coupe stratigraphique à travers plusieurs unités de la Formation de Val d'Or (figure 4.7).

Une intrusion dioritique d'affinité transitionnelle fortement porphyrique affleure au nord du décapage. Cette intrusion est composée de 15% de phénocristaux de plagioclase de 2 à 10 mm de diamètre et de 15% de phénocristaux de minéraux ferromagnésiens chloritisés de 1 à 5 mm de diamètre. Les phénocristaux baignent dans une mésostase aphanitique grisâtre en surface altérée et gris-vert en surface fraîche, et qui contient jusqu'à 10% d'amygdules de Qtz à texture saccharoïde. Le contact avec les roches volcanoclastiques rhyodacitiques au sud est marqué par une brèche pépéritique; ce type de brèche se formant par le choc thermique créé

par le contact entre une intrusion chaude et des roches volcanoclastiques froides et gorgées d'eau (Skilling et al., 2002) (planche photographique IV-F). Cette brèche est caractérisée par des clastes anguleux et altérés de diorite dans une matrice aphanitique de tufs felsiques.

Les roches volcanoclastiques rhyodacitiques au sud de l'intrusion sont formées d'un empilement de tufs fins et de tufs à lapillis. Leur mésostase aphanitique siliceuse est grise pâle en surface altérée et grise foncée en surface fraîche. Les lits grossiers sont polygéniques avec des clastes de couleur gris à bleu acier, aphanitiques à porphyriques et de taille variant de 2 mm à 8 cm. Certains lits de tufs à lapillis contiennent jusqu'à 15% de clastes de sulfures. Une polarité vers le nord a pu être établie grâce à un granoclassement dans les tufs fins (planche photographique V-A) qui se présentent en lits de 5 mm à 10 cm d'épaisseur.

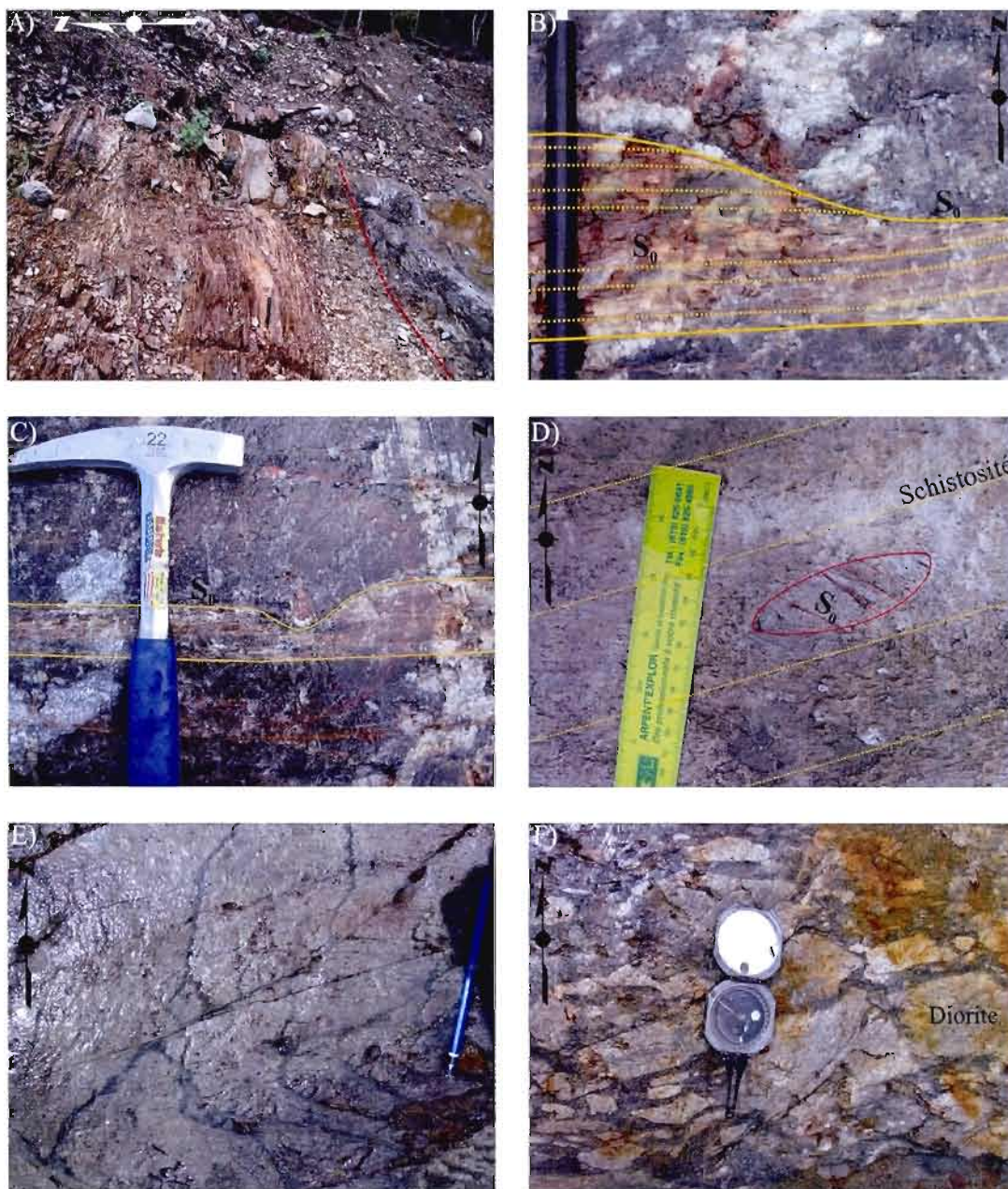
Une intrusion monzodioritique, dont la composition est semblable à celle de l'intrusion syntectonique d'East-Sullivan (voir chapitre V), vient recouper les tufs rhyodacitiques au sud. L'intrusion contient de 30 à 50% de phénocristaux de plagioclases verdâtres de 5 mm à 1 cm baignant dans une mésostase schisteuse à séricite, chlorite et carbonates de fer.

La lithologie plus au sud est formée d'une brèche de coulée andésitique. Cette brèche est affectée par la déformation régionale et peut, par endroits, ressembler à des tufs à lapillis et blocs monogéniques. La brèche est caractérisée par des clastes et des lobes de lave aphanitique mauvâtre dans une mésostase chloritisée. De rares phénocristaux millimétriques de plagioclase ainsi que des traces de quartz sont observables. De 2 à 5% d'amygdales millimétriques de quartz sont également présentes. Un lobe d'andésite évoluant en une brèche de coulée est visible dans la partie est de l'unité (figure 4.8 et planche photographique V-B).

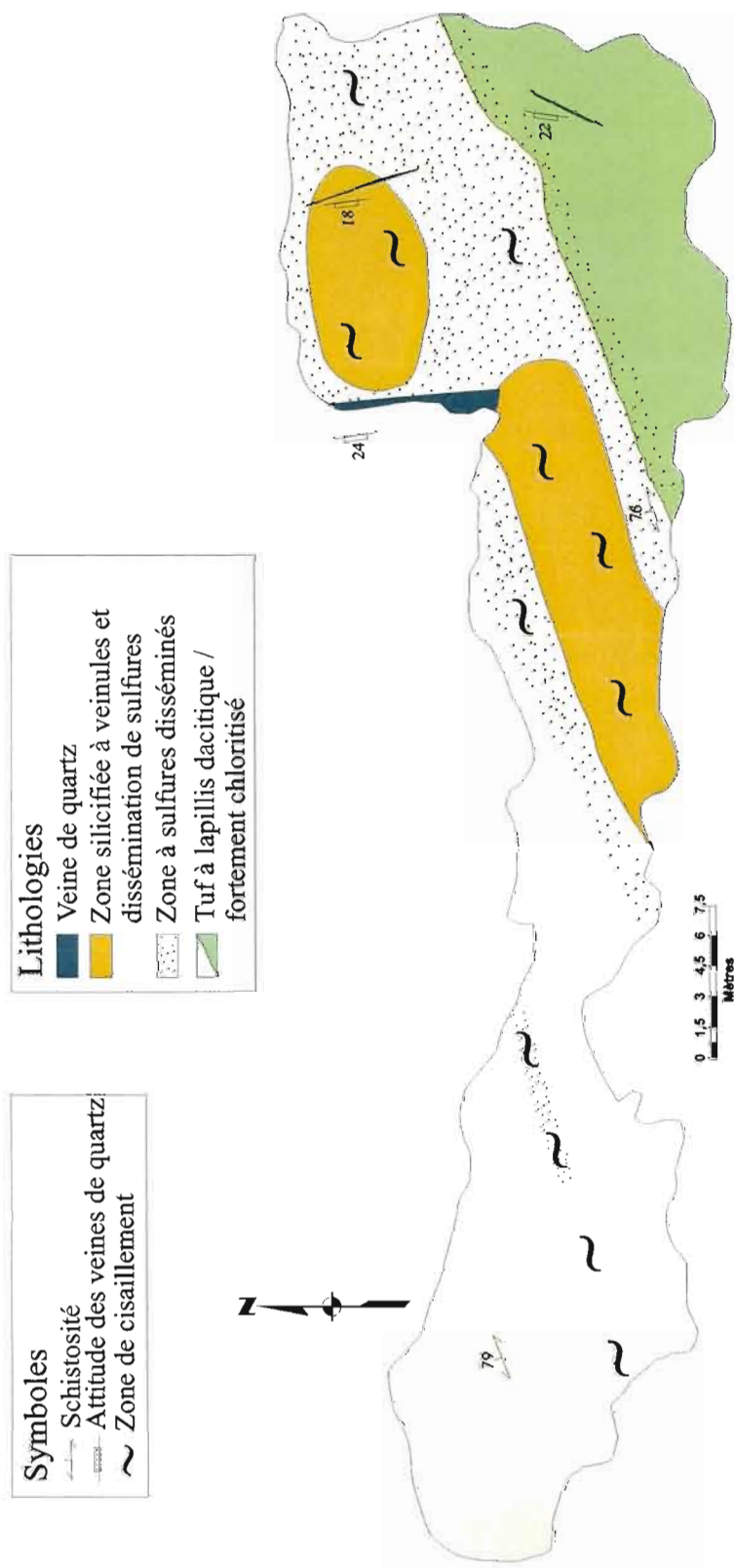
L'unité d'andésite bréchique est séparée en deux par un horizon de tufs à lapilli et à blocs polygéniques dacitiques. Cette unité a une mésostase aphanitique grise pâle en surface altérée et contient jusqu'à 60% de clastes de 1 mm à 10 cm de diamètre. Les clastes sont aphanitiques et blanchâtres, vacuolaires et grisâtres ou composés de sulfures. Le contact entre ces roches volcanoclastiques et la brèche andésitique au sud est fortement cisailé et possède une apparence de phyllonite (figure 4.9).



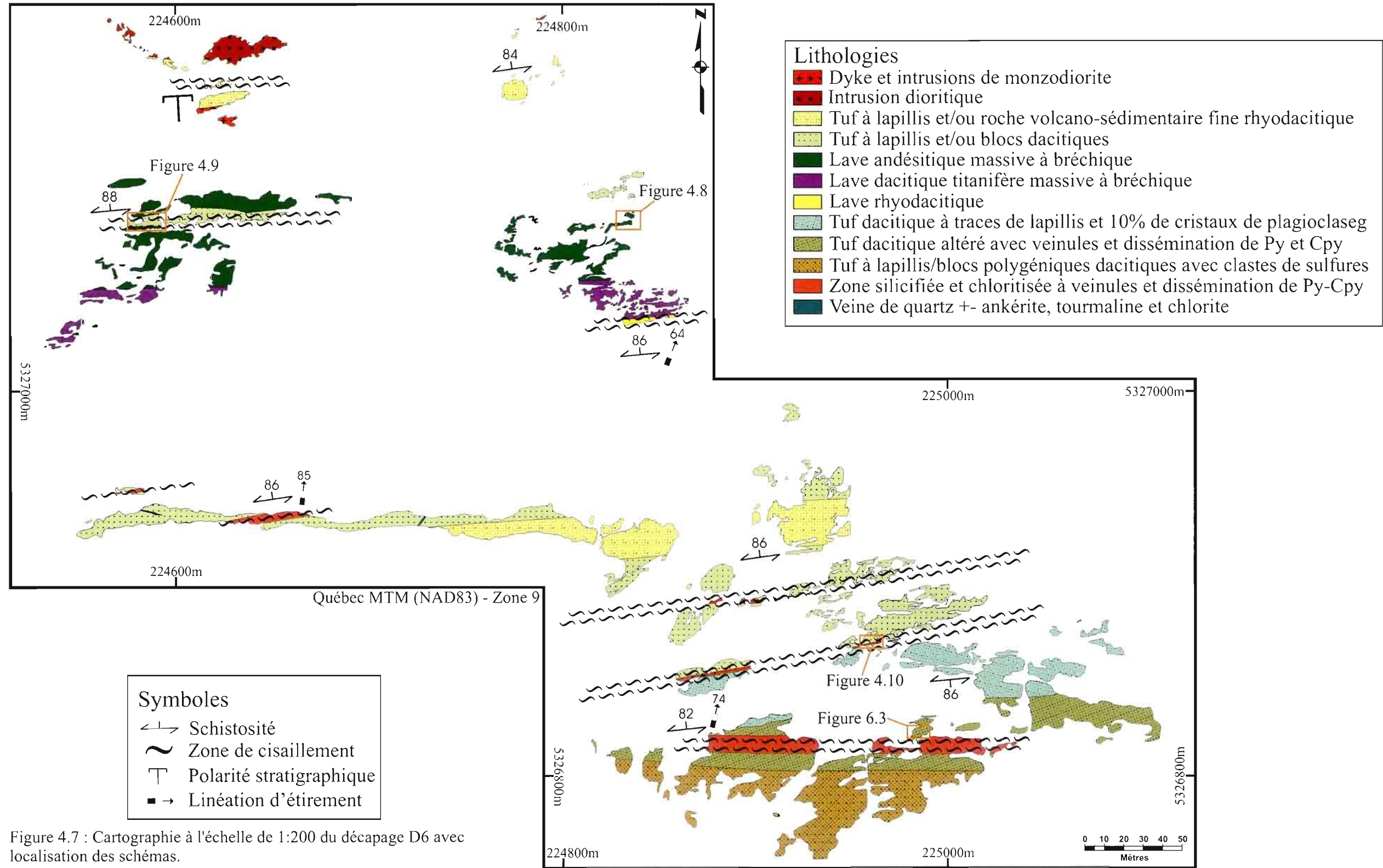
# Planche Photographique IV



A) Zone de cisaillement riche en carbonates de fer sur le décapage D3 (crayon comme échelle), B) Chenal d'érosion indiquant une polarité nord sur un horizon exhalatif du décapage D3, C) Empreinte de charge indiquant une polarité N sur le décapage D3, D) Lapilli felsique avec un litage non parallèle à la schistosité sur le décapage D4, E) Filonnets de chlorite massive recoupant le tuf à lapilli dacitique fortement altérée au sud du décapage D5, F) Brèche pépéritique entre une diorite et les roches volcanoclastiques felsiques au nord du décapage D6.







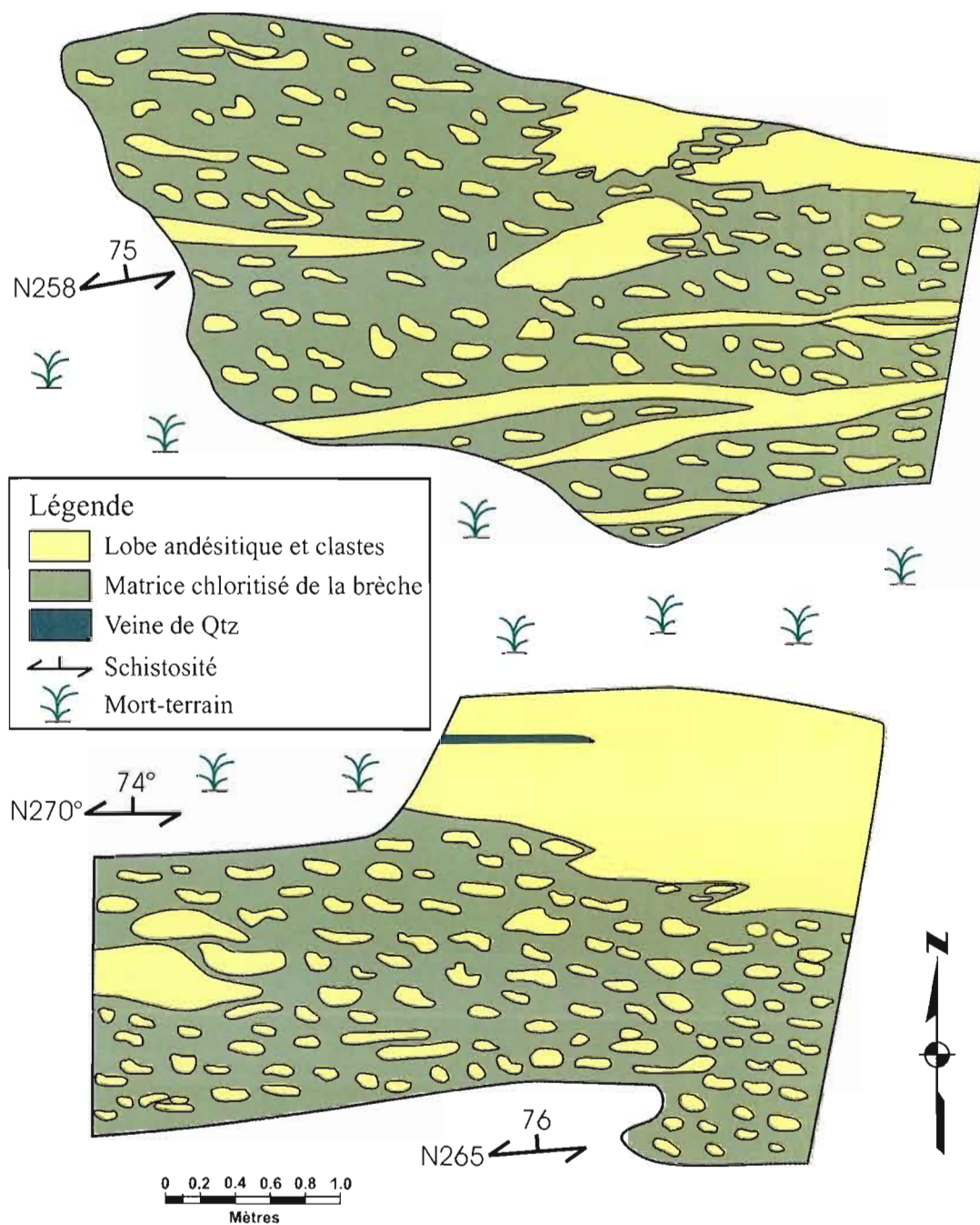


Figure 4.8 : Schéma représentant un lobe d'andésite qui évolue en brèche de coulée sur le décapage D6.

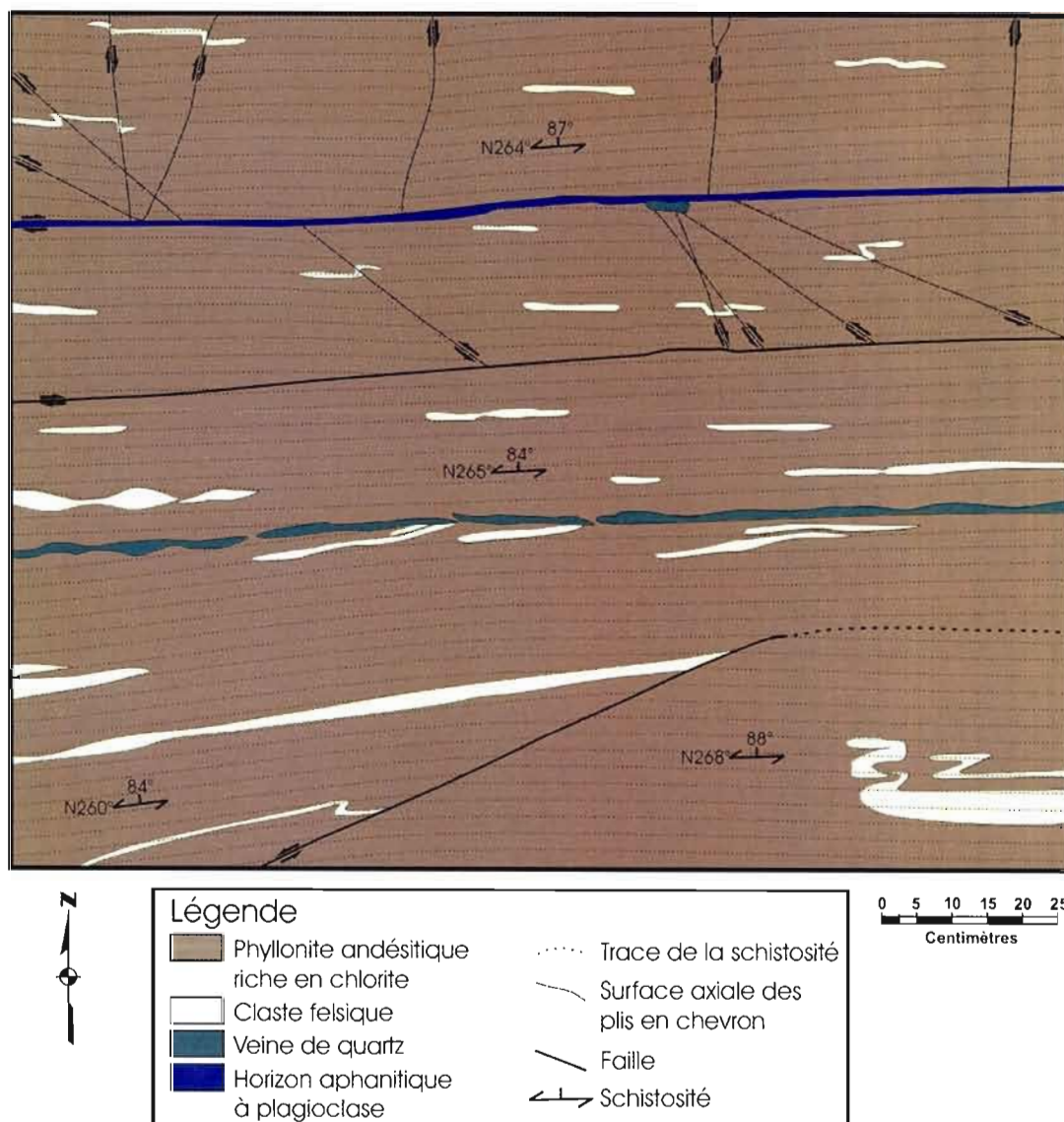


Figure 4.9 : Schéma de la zone de cisaillement au centre du décapage D6.

La brèche de coulée andésitique est en contact franc au sud avec une unité de dacite titanifère massive. Cette dernière est gris-mauvâtre en surface altérée et gris foncé en surface fraîche. Ces laves sont massives, aphanitiques, siliceuses et contiennent par endroits de 1 à 5% de phénocristaux de plagioclases submillimétriques. De rares phénocristaux et amygdales de quartz ont été identifiés.

Une zone de cisaillement marque le contact entre la dacite titanifère et l'unité de rhyodacite se situant immédiatement au sud. Cette rhyodacite est aphanitique et contient environ 10% de phénocristaux de 1 à 3 mm de plagioclase. Cette roche est gris pâle en surface altérée et gris foncé en surface fraîche et affleure exclusivement dans la partie centre-est du décapage. Il est impossible de déterminer la nature et l'emplacement du contact sud de la rhyodacite car il n'est pas exposé.

La première lithologie située au sud de la bande centrale de mort-terrain est de composition dacitique. La roche contient de 25 à 50% de clastes chloriteux et de clastes quartzo-feldspathiques centimétriques qui baignent dans une mésostase séricitisée. La roche contient de 1 à 3% de pyrite disséminée et des clastes de sulfures. Deux zones minéralisées d'orientation OSO se retrouvent au sein de cette lithologie. La zone nord a une épaisseur métrique tandis que la deuxième possède une épaisseur d'environ 5 mètres. Ces zones minéralisées sont caractérisées par la présence de veines et veinules de pyrite et chalcopryrite ainsi que par moins de 10% de pyrite disséminée. De rares poches de sulfures massif atteignant au plus 50 cm par 30 cm sont aussi présentes. Ces sulfures sont accompagnés d'une silicification et d'une chloritisation intense de la roche hôte.

Un horizon des roches volcanoclastiques rhyodacitiques vient s'intercaler dans l'unité précédente. Ces tufs ressemblent fortement aux tufs dacitiques décrits au paragraphe précédent mais sont plus siliceux et contiennent moins de chlorite. Les clastes centimétriques qui forment cette lithologie sont felsiques et monogéniques, composent de 35 à 65% de la roche, sont aphanitiques et contiennent des phénocristaux de plagioclase submillimétrique. Cette unité renferme également moins de 2% de pyrite disséminée.



Deux dykes de monzodiorite recoupent les roches volcanoclastiques felsiques (figure 4.10 et planche photographique V-C). Ces dykes sont fortement déformés, contiennent des carbonates de fer et sont constitués de séricite et de quartz avec une quantité moindre de chlorite et des traces de pyrite. Les dykes recoupent les contacts stratigraphiques à angle faible et montrent les mêmes caractéristiques géochimiques que l'intrusion monzodioritique affleurant au nord du décapage. Un de ces dykes s'est mis en place au contact entre les tufs à lapillis dacitiques décrit plus haut et des tufs dacitiques à cristaux et lapillis centimétriques. Ces tufs à cristaux contiennent de 3 à 5% de cristaux de plagioclase millimétriques et de 1 à 3% de lapillis felsiques polygéniques centimétriques (planche photographique V-D) blancs à gris, aphanitiques à porphyriques et qui contiennent parfois des amygdales de quartz. La mésostase de ces tufs est aphanitique, verdâtre et constituée de chlorite, séricite et quartz.

Le contact sud entre le tuf à cristaux décrit ci-haut et les roches volcanoclastiques dacitiques est mal défini. Ces roches volcanoclastiques sont similaires aux lithologies encaissant la minéralisation sur les cinq autres décapages. La partie centrale de cette lithologie est fortement chloritisée et silicifiée et contient une minéralisation sulfurée sous forme de disséminations et veinules de pyrite et de chalcoppyrite.

La dernière lithologie rencontrée sur le décapage D6 est elle aussi en contact mal défini avec l'unité précédente. Il s'agit d'un tuf à lapillis et blocs dacitique contenant environ 70% de fragments polygéniques baignant dans une mésostase aphanitique verdâtre composée de séricite, chlorite et quartz (planche photographique V-E). Plus de 70% des clastes sont aphanitiques, felsiques, de couleur blanche et mesurent de 2 mm à 2 dm. Les clastes aphanitiques gris-verts foncés de 1 à 8 cm de diamètre représentent 20% des clastes. Cette unité contient également environ 5% de clastes felsiques gris à blancs montrant un litage prédatant la déposition du tuf. Finalement, cette unité contient 5% de clastes intermédiaires porphyriques et amygdalaires ainsi que des clastes de sulfures principalement composés de pyrite. Les clastes de sulfures sont de bons indicateurs de la présence d'un système minéralisateur synvolcanique (Mercier-Langevin, 2005).

La schistosité sur le décapage D6 est moyenne à forte avec une attitude d'environ N265°/85°. Les contacts lithologiques, les zones minéralisées et les dykes sont tous transposés dans cette schistosité. Les zones minéralisées, les contacts entre les lithologies et les dykes montrent une schistosité plus intense qu'ailleurs. Une linéation d'étirement subverticale et une crénulation sub-horizontale sont présentes dans le plan de schistosité, principalement dans les zones plus déformées. Les zones les plus déformées contiennent également deux familles de plis en chevron sub-verticaux orientées N010° et N315°.

#### 4.7 Synthèse

La cartographie de détail des six décapages et la création de schémas illustrant certaines particularités ont permis de tirer certaines conclusions par rapport à la géologie du secteur de Dunraine. 1) La bande minéralisée se trouvant sur le flanc nord de l'intrusion de Dunraine est plus ou moins continue sur une distance d'au moins deux km. 2) La minéralisation se présente sous la forme de veinules et de sulfures disséminés, principalement la pyrite et la chalcopryrite. 3) La bande minéralisée devient plus épaisse et plus riche en cuivre dans la partie ouest du secteur. 4) La minéralisation est toujours encaissée dans la même série de roches volcanoclastiques dacitiques. 5) Une altération à chlorite, séricite et silice accompagne la minéralisation. 6) Les zones les plus intensément altérées sont également caractérisées par de la cordiérite. 7) La minéralisation et les roches volcaniques sont fortement transposées dans la schistosité principale. 8) La déformation est plus fortement développée dans les zones minéralisées et altérées de même qu'aux contacts lithologiques. 9) Deux familles pénécontemporaines de veines de quartz tardives recoupent les minéralisations mais remobilisent que très légèrement les sulfures.



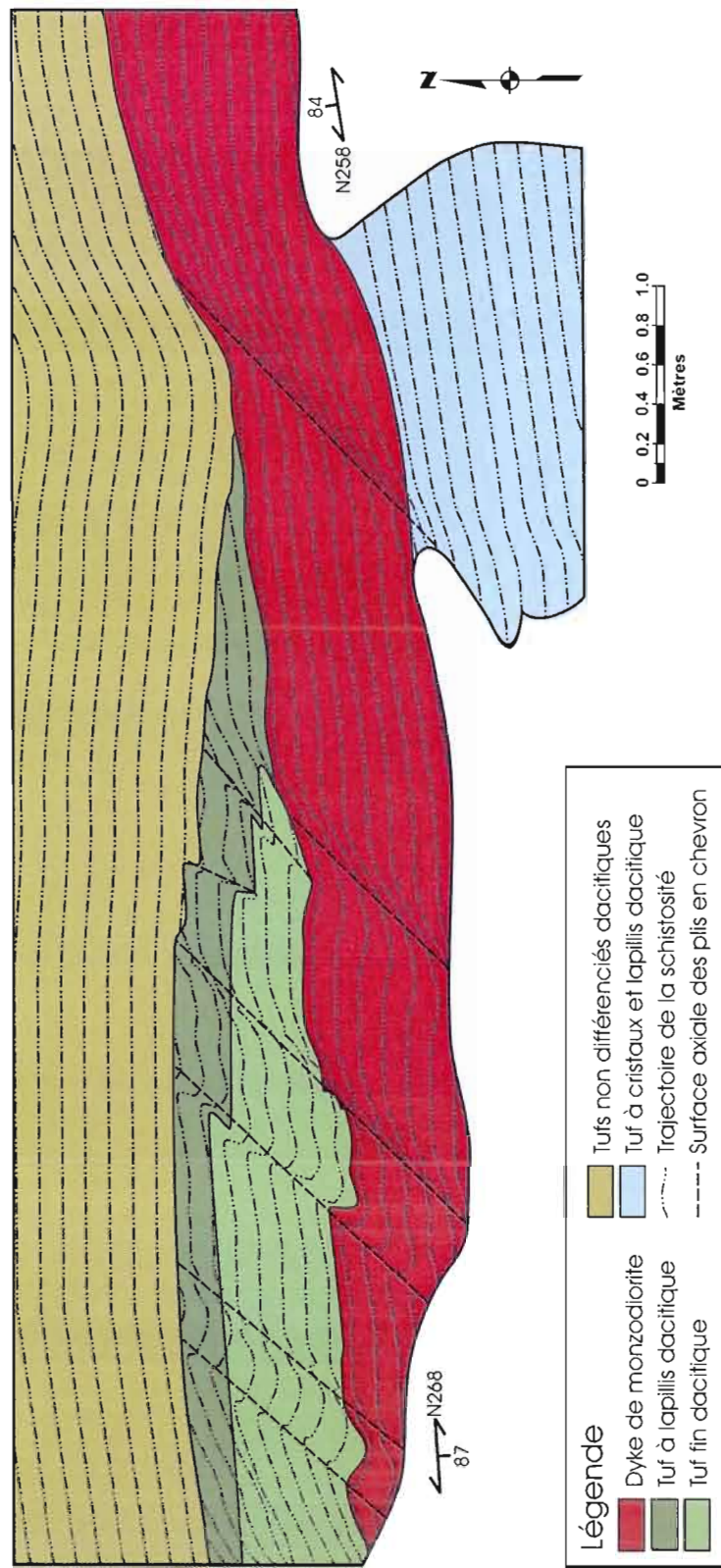
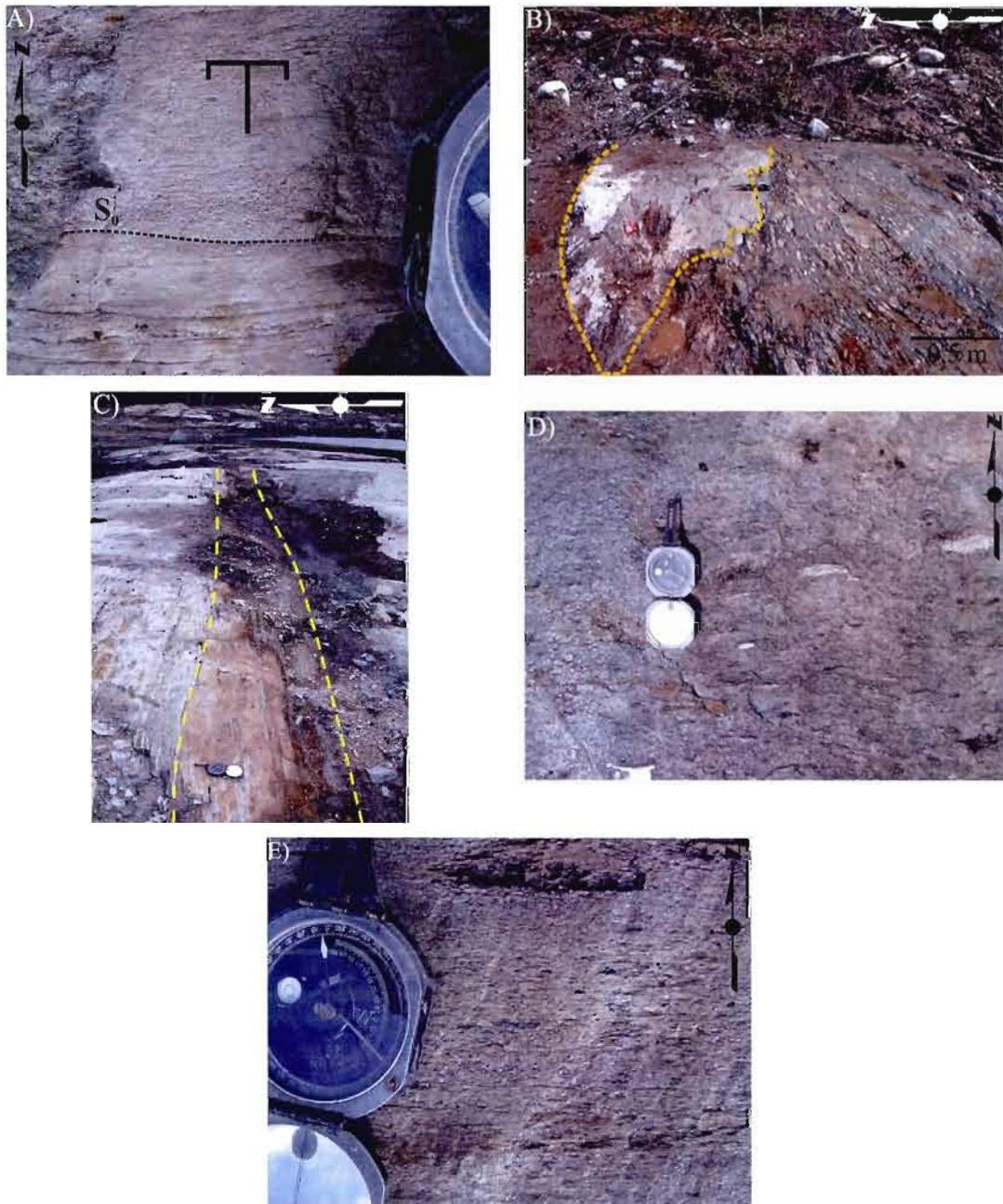


Figure 4.10 : Schéma montrant la relation de recoupement entre un dyke de monzoniorite fortement déformé et les roches volcanoclastiques dacitiques encaissantes sur le décapage D6.

# Planche Photographique V



A) Granoclassement montrant une polarité vers le nord dans les tufs fins du décapage D6, B) Lobe et brèche andésitique sur le décapage D6 (partie sud du schéma de la figure 4.7), C) Dyke monzodioritique déformé recoupant les roches volcaniques du décapage D6, D) Tuf à cristaux de plagioclase et lapillis felsiques sur le décapage D6, E) Tuf dacitique à lapillis polygéniques de l'extrémité sud du décapage D6.

## CHAPITRE V

### CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE

La géochimie est un outil servant à caractériser les minéraux, les roches ainsi que l'altération des roches volcaniques et est essentielle pour caractériser les roches volcaniques des terrains déformés et altérés de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. La première partie de ce chapitre est consacrée à la discrimination lithogéochimique des roches volcaniques du secteur de Dunraine alors que la deuxième partie porte sur les indices d'altération normalisés, calculés à partir des données lithogéochimiques à l'aide du programme NORMAT (Piché et Jébrak, 2004). La dernière partie de ce chapitre traite de la variation compositionnelle des silicates et des rutilés dans les roches du secteur de Dunraine.

#### 5.1 Discrimination lithogéochimique

##### 5.1.1 Méthode analytique et limites de détection

Le spectromètre à fluorescence X de la compagnie ALS Laboratory Group a été utilisé pour obtenir nos analyses lithogéochimiques. La spectrométrie de fluorescence X (FX ou XRF en anglais pour *X-ray fluorescence*) permet de mesurer la concentration en éléments majeurs et en traces contenus dans un échantillon de roche. Les éléments Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Cr, Ti, Mn et P sont analysés par la méthode de fusion du borate de lithium tandis que les éléments en traces Sr, Y, Zr, Nb, Rb et Ba sont analysés par une technique de pelletisation. La limite de détection pour chaque élément est présentée au tableau 5.1.

Les analyses ont eu pour but de discriminer les roches volcaniques échantillonnées au cours de cette étude. Les classifications de Winchester et Floyd (1977) et MacLean et Barrett (1993), sur lesquels se base ce travail, tiennent compte de la teneur en éléments immobiles des roches volcaniques et permettent d'omettre les variations géochimiques causées par le



métamorphisme régional et l'altération hydrothermale puisque ces deux phénomènes modifient la géochimie des éléments mobiles (ex. augmentation de la silice causée par une silicification secondaire) mais ne modifieront pas, théoriquement, les ratios entre les différents éléments immobiles. La mobilité d'un élément est définie par sa tendance à former des complexes aqueux et se retrouver en solution durant un épisode de métasomatisme ou d'hydrothermalisme (Cattalani et Bambi, 1994). Les éléments immobiles sont inertes et leur concentration ne varie pas, dans un volume rocheux, durant le métasomatisme et l'hydrothermalisme. Les principaux éléments immobiles sont l'aluminium, le titane, le zirconium, le niobium, l'yttrium et les terres rares.

### 5.1.2 Traitement des données

Les roches volcaniques de la Formation de Val d'Or sont parfois fortement altérées et difficilement identifiables, principalement dans les zones de cisaillement et les environnements de sulfures massifs volcanogènes. Les diagrammes établis par Winchester et Floyd (1977), retravaillés par MacLean et Barrett (1993), utilisent les éléments immobiles Ti, Al, Zr, Y et Nb et certains ratios entre ces éléments pour caractériser et nommer les roches volcaniques puisque la différenciation des magmas induit une variation de la concentration de ces éléments. Trois diagrammes utilisant la teneur et le ratio entre certains de ces éléments sont utilisés dans ce travail afin de discriminer les roches magmatiques synvolcaniques : 1) le diagramme  $Al_2O_3/TiO_2$  versus  $Ti/Zr$ , 2) le diagramme  $Zr/Y$  versus  $Zr$  (ppm) et 3) le diagramme  $Zr/Ti$  versus  $Nb/Y$

Le premier diagramme, comparant les ratios  $Al_2O_3/TiO_2$  et  $Ti/Zr$ , permet de discriminer la composition des roches volcaniques. Le ratio  $Al_2O_3/TiO_2$  met en relation deux éléments compatibles présents en plus petite quantité dans les laves felsiques que dans les laves mafiques. Par contre, Al est moins compatible que Ti, ce qui tend à faire augmenter ce ratio dans les laves felsiques. Le ratio  $Ti/Zr$ , qui met en relation un élément compatible (Ti) et un élément incompatible (Zr), est plus élevé dans les laves mafiques puisque leur concentration en Ti est plus grande et que leur concentration en Zr est moindre comparativement aux laves felsiques.

Le deuxième diagramme, Zr/Y versus Zr (ppm), détermine l'affinité des roches volcaniques; un ratio Zr/Y inférieur à 4,5 signifiant que la lithologie est d'affinité tholéiitique, un ratio Zr/Y supérieur à 4,5 et inférieur à 7 indiquant plutôt une affinité transitionnelle alors qu'un ratio Zr/Y supérieur à 7 indique une affinité calco-alcaline (MacLean et Barrett; 1993). L'accroissement du ratio Zr/Y est créé par une augmentation de la compatibilité de Y dans les magmas calco-alcalins par rapport aux magmas tholéiitiques, principalement parce que les magmas alcalins sont plus riches en K que les magmas tholéiitiques et que K et Y ont des rayons ioniques semblables. La concentration de Y dans les roches calco-alcalines tend donc à diminuer en comparaison avec les laves tholéiitiques. La concentration en Zr augmente graduellement des laves mafiques aux laves felsiques; phénomène dû à l'incompatibilité de cet élément pour la phase solide, ce qui a pour effet de concentrer Zr dans la phase liquide et donc d'augmenter sa concentration dans les laves les plus différenciées.

Le troisième diagramme compare les ratios Zr/Ti et Nb/Y. Le ratio Zr/Ti sert d'index de différenciation tandis que le ratio Nb/Y sert d'indice d'alcalinité dans les roches volcaniques, tout comme le ratio Zr/Y du diagramme Zr/Y versus Zr. Les travaux de Winchester et Floyd (1977) ont permis de créer des champs délimitant approximativement différents types de roches volcaniques (i.e. basalte à rhyolite) à l'aide du diagramme Zr/Ti versus Nb/Y. Le nom des roches volcaniques du secteur de Dunraine est donc établi à partir des champs créés par Winchester et Floyd (1977).

Les classes compositionnelles ont donc été établies grâce aux ratios  $Al_2O_3/TiO_2$ , Ti/Zr, Zr/Y, Zr/Ti et Nb/Y ainsi qu'à la teneur en Zr (ppm). De plus, les échantillons de chaque classe correspondent à des lithologies distinctes préalablement cartographiées.

La discrimination lithogéochimique des roches du secteur de Dunraine a permis d'identifier onze familles compositionnelles de roches volcaniques effusives, cinq familles compositionnelles de roches intrusives et quatre familles compositionnelles de roches volcanoclastiques à l'aide de la teneur et du ratio entre certains des éléments suivants : Al, Ti,

Zr, Y et Nb. Le diagramme  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  vs  $\text{Ti}/\text{Zr}$  (figure 5.1A, 5.2B et 5.4A) permet premièrement de délimiter les différentes familles compositionnelles puisque les données y forment des ensembles de points distincts qui correspondent aux unités qui ont été préalablement définies durant les travaux de terrain (voir carte en pochette). Le diagramme  $\text{Zr}/\text{Ti}$  vs  $\text{Nb}/\text{Y}$  (figure 5.1B, 5.3A et 5.4B) permet ensuite de donner un nom pétrologique à chaque lithologie par rapport aux classifications établies par Winchester et Floyd (1977). Le diagramme  $\text{Zr}/\text{Y}$  vs  $\text{Zr}$  (figure 5.2A, 5.3B et 5.5) permet finalement de confirmer que les roches du secteur de Dunraine sont pour la plupart d'affinité calco-alkaline à transitionnelle. Une brève description des caractéristiques lithogéochimiques des différentes familles compositionnelles est présentée dans les sections 5.1.3 à 5.1.5. Le tableau 5.2 montre la valeur moyenne des éléments et des ratios utilisés pour discriminer les roches volcaniques du secteur de Dunraine; les résultats complets des analyses lithogéochimiques étant présentés à l'appendice A.

### 5.1.3 Discrimination des roches volcaniques effusives

#### Roches volcaniques effusives intermédiaires

Les roches volcaniques effusives intermédiaires du secteur de Dunraine sont caractérisées par une teneur en Zr variant de 62 à 349 ppm et une teneur en  $\text{TiO}_2$  qui varie de 0,75 à 1,79%. Le ratio  $\text{Zr}/\text{Y}$  de ces laves varie de 2,89 à 9,78, le ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  varie de 11,03 à 27,99, le ratio  $\text{Ti}/\text{Zr}$ , de 34,37 à 145,68 et le ratio  $\text{Nb}/\text{Y}$ , de 0,10 à 0,57. Ces roches forment cinq familles compositionnelles distinctes, soient : 1) une andésite basaltique tholéiitique, 2) une andésite transitionnelle à calco-alkaline de type I, 3) une andésite transitionnelle à calco-alkaline de type II, 4) une andésite calco-alkaline de type I et 5) une andésite calco-alkaline de type II.

Tableau 5.1 : Limites de détection des analyses par spectrométrie de fluorescence X\*.

| ME-FR06 – Méthode de verre fondu pour éléments majeurs |                                |       |                   |
|--|--------------------------------|-------|-------------------|
| Élément  | Symbole                        | Unité | Limite analytique |
| Oxyde d'aluminium                                      | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %     | 0,01              |
| Oxyde de barium  | BaO                            | %     | 0,01              |
| Oxyde de calcium                                       | CaO                            | %     | 0,01              |
| Oxyde de chrome  | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %     | 0,01              |
| Oxyde de fer   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %     | 0,01              |
| Oxyde de potassium                                     | K <sub>2</sub> O               | %     | 0,01              |
| Oxyde de magnésium                                     | MgO                            | %     | 0,01              |
| Oxyde de manganèse                                     | MnO                            | %     | 0,01              |
| Oxyde de sodium  | Na <sub>2</sub> O              | %     | 0,01              |
| Oxyde de phosphore                                     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | %     | 0,01              |
| Oxyde de silice  | SiO <sub>2</sub>               | %     | 0,01              |
| Oxyde de strontium                                     | SrO                            | %     | 0,01              |
| Oxyde de titane  | TiO <sub>2</sub>               | %     | 0,01              |
| Perte au feu   | LOI                            | %     | 0,01              |
|  | Total                          | %     | 0,01              |

ME-FR05 – Méthode de pelletisation pour éléments traces

| Élément   | Symbole | Unité | Limite analytique |
|-----------|---------|-------|-------------------|
| Barium    | Ba      | ppm   | 10                |
| Rubidium  | Rb      | ppm   | 2                 |
| Niobium   | Nb      | ppm   | 2                 |
| Strontium | Sr      | ppm   | 2                 |
| Yttrium   | Y       | ppm   | 2                 |
| Zirconium | Zr      | ppm   | 3                 |

\*Données fournies par la compagnie ALS Laboratory Group.

Les andésites basaltiques tholéitiques se distinguent des autres types d'andésite par une teneur en Zr inférieure à 100 ppm, un ratio Zr/Y inférieur à 5 et un ratio Ti/Zr supérieur à 100. Ces andésites, qui appartiennent à la Formation de Héva, forment la totalité des laves de la partie sud-ouest du secteur de Dunraine et constituent la seule famille possédant une affinité tholéitique. Cette lithologie est caractérisée par une teneur en Zr variant de 62 à 90 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,75 à 1,18 %, un ratio Zr/Y de 2,89 à 4,88, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 16,17 à 24,98, un ratio Ti/Zr de 101,11 à 145,68 et un ratio Nb/Y de 0,10 à 0,19.

Les andésites transitionnelles à calco-alcalines de type I et II se distinguent des autres andésites principalement par un ratio Ti/Zr supérieur à 53 et inférieur à 76 et un ratio Zr/Y moyen de 6,80. Le ratio Ti/Zr permet de faire la distinction entre les deux types; le type I ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 53 et inférieur à 58 et le type II ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 60 et inférieur à 76. Le type I est caractérisé par une teneur en Zr variant de 222 à 234 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 1,23 à 1,31 %, un ratio Zr/Y de 6,20 à 6,70, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 11,03 à 12,31, un ratio Ti/Zr de 53,83 à 57,21 et un ratio Nb/Y de 0,20 à 0,23. Le type II est pour sa part caractérisé par une teneur en Zr variant de 172 à 289 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 1,14 à 1,79 %, un ratio Zr/Y de 5,21 à 8,53, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 11,15 à 12,91, un ratio Ti/Zr de 60,71 à 75,00 et un ratio Nb/Y de 0,16 à 0,40.

Les andésites calco-alcalines de type I et II se distinguent des autres andésites principalement par un ratio Ti/Zr supérieur à 34 et inférieur à 50 et un ratio Zr/Y moyen de 7,90. Les ratios Ti/Zr et  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  permettent de faire la distinction entre les deux types; le type I ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 47 et inférieur à 50 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 12 et inférieur à 14 et le type II ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 34 et inférieur à 46 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 16 et inférieur à 28. Le type I est caractérisé par une teneur en Zr variant de 206 à 349 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 1,02 à 1,36 %, un ratio Zr/Y de 6,95 à 9,23, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 12,12 à 13,63, un ratio Ti/Zr de 47,79 à 49,52 et un ratio Nb/Y de 0,22 à 0,30. Le type II est caractérisé par une teneur en Zr variant de 137 à 223 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,59 à 1,01 %, un ratio Zr/Y de 6,05 à 9,78, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 16,77 à 27,99, un ratio Ti/Zr de 34,37 à 45,30 et un ratio Nb/Y de 0,22 à 0,57.



### Roches volcaniques effusives felsiques

Les roches volcaniques effusives felsiques du secteur de Dunraine sont caractérisées par une teneur en Zr variant de 162 à 383 ppm et une teneur en  $\text{TiO}_2$  qui varie de 0,40 à 1,35 %. Le ratio Zr/Y de ces laves varie de 5,12 à 10,70, le ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  varie de 10,50 à 30,13, le ratio Ti/Zr, de 14,08 à 43,92 et le ratio Nb/Y, de 0,18 à 0,36. Les dacites et rhyodacites forment six familles compositionnelles distinctes, soient : 1) une dacite titanifère calco-alcaline, 2) une dacite transitionnelle, 3) une dacite calco-alcaline de type I, 4) une dacite calco-alcaline de type II, 5) une dacite calco-alcaline de type III et 6) une rhyodacite calco-alcaline.

Les dacites titanifères calco-alcalines sont soit des dacites relativement riches en titane ou des andésites enrichies en silice (Mercier-Langevin, 2005). Elles se distinguent des autres laves felsiques par une teneur élevée en  $\text{TiO}_2$  (plus de 0,93%) et un ratio Ti/Zr supérieur à 35 et inférieur à 44. Cette lithologie est caractérisée par une teneur en Zr variant de 217 à 316 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,93 à 1,35 %, un ratio Zr/Y de 6,79 à 8,54, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 10,50 à 14,31, un ratio Ti/Zr de 35,62 à 43,92 et un ratio Nb/Y de 0,20 à 0,33.

Les dacites transitionnelles se distinguent des autres laves felsiques par un ratio Zr/Y supérieur à 5,0 et inférieur à 7,1 et par un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 24,5. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 220 à 232 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,51 à 0,54 %, un ratio Zr/Y de 5,12 à 7,03, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 24,56 à 25,67, un ratio Ti/Zr de 21,98 à 24,55 et un ratio Nb/Y de 0,18 à 0,19.

Les dacites calco-alcalines de type I, II et III se distinguent des autres laves felsiques principalement par un ratio Zr/Y moyen de 8,35 et un ratio Ti/Zr supérieur à 19,05 et inférieur à 34,06. Les ratios Ti/Zr et  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  permettent de faire la distinction entre les trois types; le type I ayant un ratio Ti/Zr inférieur à 23,50 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 20, le type II ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 26,00 et inférieur à 30,00 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  inférieur à 16,50 et le type III ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 28,50 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 17,00. Le type I se caractérise par une teneur en Zr variant de 253 à 328 ppm,

une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,54 à 0,70 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 7,55 à 10,70, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 20,42 à 24,12, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 19,05 à 23,32 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,21 à 0,36. Le type II est caractérisé par une teneur en Zr variant de 279 à 329 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,82 à 0,89 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 6,20 à 10,45, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 16,44 à 16,96, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 26,48 à 29,39 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,22 à 0,35. Le type III est caractérisé par une teneur en Zr variant de 162 à 383 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,53 à 1,26 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 6,50 à 8,87, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 17,10 à 20,04, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 28,95 à 34,06 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,21 à 0,30.

Les rhyodacites calco-alkalines se distinguent des autres laves felsiques principalement par un ratio  $\text{Ti/Zr}$  inférieur à 14. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 280 à 284 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,40 à 0,43 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 7,28 à 9,66, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 23,12 à 30,13, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 14,08 à 15,36 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,24 à 0,26.

#### **5.1.4 Discrimination des roches volcaniques intrusives**

##### Dykes mafiques tholéiitiques

Les dykes mafiques tholéiitiques se distinguent des autres intrusions par un ratio  $\text{Zr/Y}$  supérieur à 2 et inférieur à 3, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  supérieur à 115 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  inférieur à 0,12. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 45 à 46 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  de 0,53 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 2,37 à 2,71, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 35,17 à 35,42, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 115,22 à 117,78 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,11 à 0,12.

##### Diorites

Les diorites du secteur de Dunraine sont caractérisées par une teneur en Zr variant de 118 à 284 ppm et une teneur en  $\text{TiO}_2$  qui varie de 0,77 à 1,08 %. Le ratio  $\text{Zr/Y}$  de ces roches varie de 4,68 à 8,35, le ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  varie de 16,81 à 20,58, le ratio  $\text{Ti/Zr}$ , de 30,31 à 89,83 et le ratio  $\text{Nb/Y}$ , de 0,14 à 0,33. Les diorites forment trois familles compositionnelles distinctes,

soient : 1) une diorite transitionnelle de type I, 2) une diorite transitionnelle de type II et 3) une diorite calco-alkaline (intrusion de Dunraine).

Les diorites transitionnelles de type I et II se distinguent des autres intrusions principalement par un ratio Zr/Y supérieur à 4,50 et inférieur à 7 et un ratio Ti/Zr supérieur à 47 et inférieur à 90. Le ratio Ti/Zr permet de faire la distinction entre les deux types; le type I ayant un ratio Ti/Zr inférieur à 60,00 et le type II ayant un ratio Ti/Zr supérieur à 75,00. Le type I se caractérise par une teneur en Zr variant de 163 à 189 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 0,83 à 1,03 %, un ratio Zr/Y de 5,80 à 6,79, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 17,30 à 19,54, un ratio Ti/Zr de 47,16 à 56,44 et un ratio Nb/Y de 0,19 à 0,23. Le type II se caractérise par une teneur en Zr variant de 118 à 131 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 1,01 à 1,08 %, un ratio Zr/Y de 4,68 à 5,37, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 16,81 à 19,35, un ratio Ti/Zr de 77,10 à 89,83 et un ratio Nb/Y de 0,14 à 0,22.

L'intrusion calco-alkaline de Dunraine se distingue des autres intrusions principalement par une teneur en Zr supérieur à 80 et inférieur à 90 et un ratio Ti/Zr supérieur à 35 et inférieur à 45. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 226 à 284 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 0,77 à 0,90 %, un ratio Zr/Y de 6,65 à 8,35, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 18,93 à 20,58, un ratio Ti/Zr de 30,31 à 34,51 et un ratio Nb/Y de 0,23 à 0,33.

#### Monzodiorites syntectoniques

Les monzodiorites syntectoniques se distinguent des autres intrusions par un ratio Zr/Y supérieur à 10,00 et inférieur à 12,00 et un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> supérieur à 46,00 et inférieur à 52,00. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 82 à 90 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 0,31 à 0,34 %, un ratio Zr/Y de 10,25 à 11,25, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 46,79 à 51,71, un ratio Ti/Zr de 35,62 à 41,46 et un ratio Nb/Y de 0,5 à 0,63. La signature géochimique de cette unité est particulière et, selon Denys Vermette, est similaire à celle de l'intrusion syntectonique d'East-Sullivan (communication personnelle).

### 5.1.5 Discrimination des roches volcanoclastiques

#### Roches volcanoclastiques intermédiaires

Les roches volcanoclastiques intermédiaires du secteur de Dunraine sont caractérisées par une teneur en Zr variant de 120 à 318 ppm et une teneur en  $\text{TiO}_2$  qui varie de 0,75 à 1,47 %. Le ratio  $\text{Zr/Y}$  de ces roches varie de 3,87 à 8,59, le ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  varie de 10,10 à 21,02, le ratio  $\text{Ti/Zr}$ , de 45,28 à 68,33 et le ratio  $\text{Nb/Y}$ , de 0,16 à 0,25. Les roches volcanoclastiques intermédiaires forment deux familles compositionnelles distinctes, soit : 1) les roches volcanoclastiques andésitiques transitionnelles à tholéiitiques et 2) les roches volcanoclastiques andésitiques transitionnelles à calco-alkalines.

Les roches volcanoclastiques andésitiques transitionnelles à tholéiitiques se distinguent des autres roches volcanoclastiques intermédiaires par un ratio  $\text{Zr/Y}$  moyen de 4,53 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  supérieur à 16,00. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 120 à 189 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 0,75 à 0,86 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 3,87 à 6,15, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 16,76 à 21,02, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 45,50 à 68,33 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,16 à 0,25.

Les roches volcanoclastiques andésitiques transitionnelles à calco-alkalines se distinguent des autres roches volcanoclastiques intermédiaires par un ratio  $\text{Zr/Y}$  moyen de 7,22 et un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  inférieur à 14,00. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 228 à 318 ppm, une teneur en  $\text{TiO}_2$  variant de 1,05 à 1,47 %, un ratio  $\text{Zr/Y}$  de 6,33 à 8,59, un ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  de 10,10 à 13,67, un ratio  $\text{Ti/Zr}$  de 45,28 à 55,89 et un ratio  $\text{Nb/Y}$  de 0,19 à 0,21.

#### Roches volcanoclastiques felsiques

Les roches volcanoclastiques felsiques du secteur de Dunraine sont caractérisées par une teneur en Zr variant de 147 à 507 ppm et une teneur en  $\text{TiO}_2$  qui varie de 0,36 à 1,72 %. Le ratio  $\text{Zr/Y}$  de ces laves varie de 6,03 à 11,43, le ratio  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  varie de 12,56 à 36,28, le

ratio Ti/Zr, de 13,19 à 40,76 et le ratio Nb/Y, de 0,21 à 0,57. Les roches volcanoclastiques felsiques forment deux familles compositionnelles distinctes, soient : 1) les roches volcanoclastiques dacitiques calco-alcalines et 2) les roches volcanoclastiques rhyodacitiques calco-alcalines.

Les roches volcanoclastiques dacitiques se distinguent des autres roches volcanoclastiques par un ratio Ti/Zr supérieur à 27,00 et inférieur à 42,00 et un ratio Zr/Y moyen de 8,01. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 147 à 507 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 0,48 à 1,72 %, un ratio Zr/Y de 6,03 à 11,43, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 12,56 à 33,95, un ratio Ti/Zr de 27,53 à 40,76 et un ratio Nb/Y de 0,21 à 0,57.

Les roches volcanoclastiques dacitiques se distinguent des autres roches volcanoclastiques par un ratio Ti/Zr inférieur à 18,00 et un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> supérieur à 25,00. Cette lithologie se caractérise par une teneur en Zr variant de 273 à 389 ppm, une teneur en TiO<sub>2</sub> variant de 0,36 à 0,53 %, un ratio Zr/Y de 8,08 à 9,24, un ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> de 26,29 à 36,28, un ratio Ti/Zr de 13,19 à 17,50 et un ratio Nb/Y de 0,24 à 0,35.

La géochimie des éléments majeurs et en traces permet de faire la distinction entre différentes séries magmatiques (Winter, 2001b). La continuité des valeurs pour les roches volcaniques mafiques à felsiques d'affinité transitionnelle à calco-alcaline de la Formation de Val d'Or (figure 5.1A, 5.2B et 5.4A) suggère qu'elles font possiblement parties de la même série magmatique et se sont formées par fractionnement. La géochimie des andésites basaltiques tholéiitiques, des gabbros tholéiitiques et des tufs tholéiitiques à transitionnels de la Formation de Héva ainsi que des monzodiorites syntectoniques (figure 5.1A, 5.2B et 5.4A) ne corrèle pas avec les données des roches volcaniques de la Formation de Val d'Or. Ces roches volcaniques proviennent donc probablement de séries magmatiques distinctes.

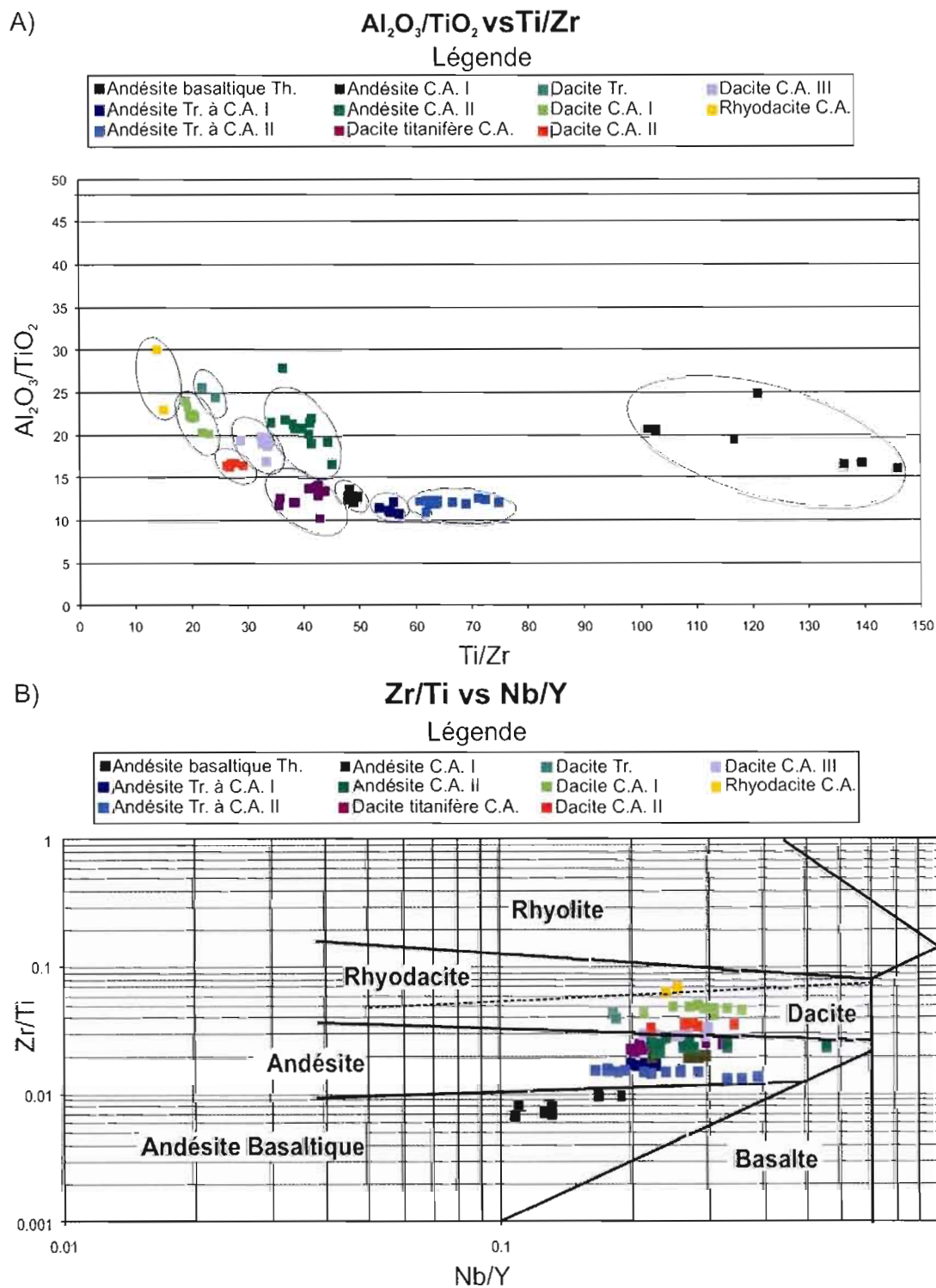


Figure 5.1 : Discrimination des laves avec : A)  $Al_2O_3/TiO_2$  vs  $Ti/Zr$  et B)  $Zr/Ti$  vs  $Nb/Y$ ; Modifiée de Winchester et Floyd, 1977.

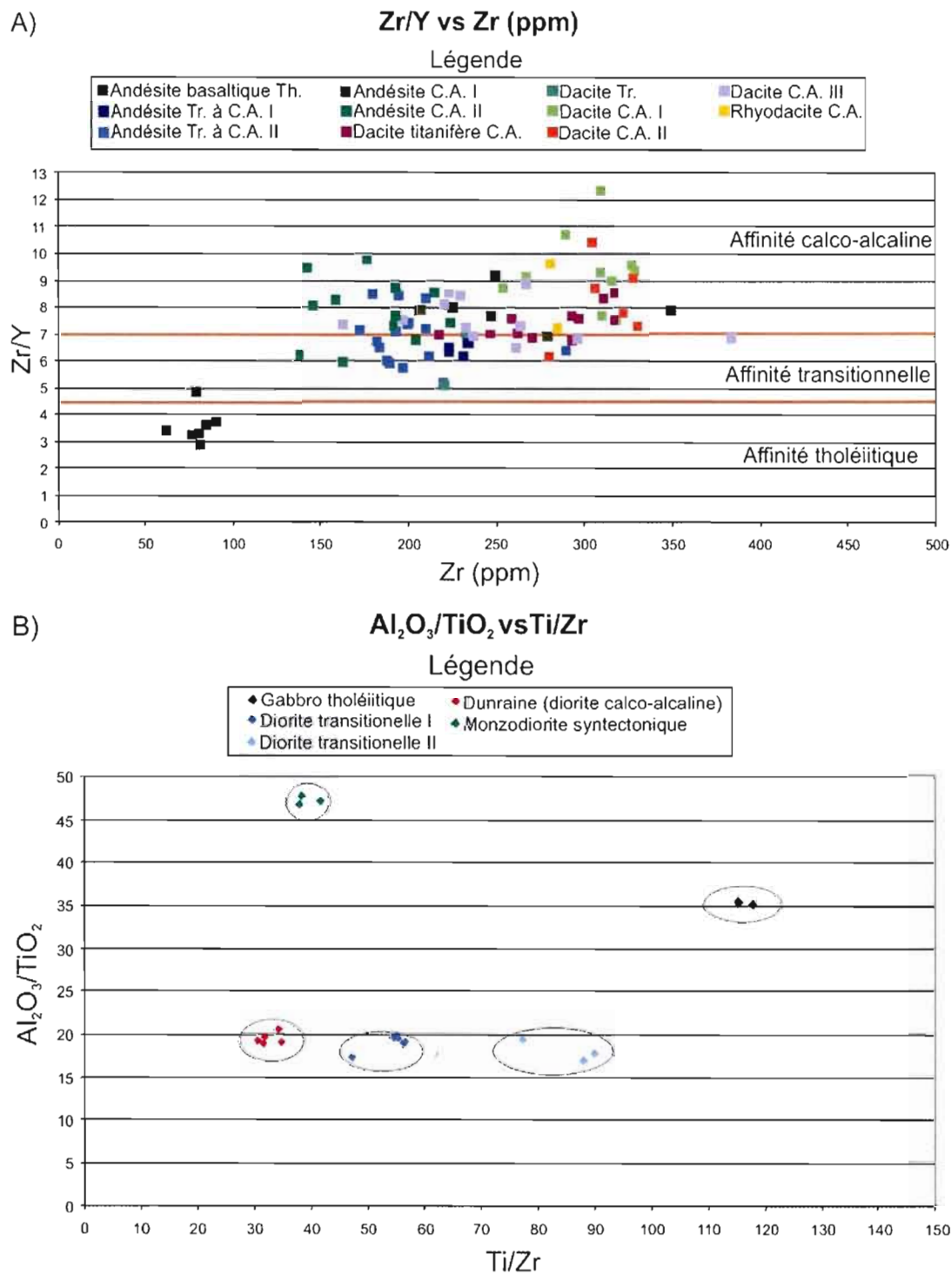


Figure 5.2 : A) Discrimination des laves avec Zr/Y vs Zr (ppm) et B) Discrimination des intrusions avec  $Al_2O_3/TiO_2$  vs Ti/Zr.



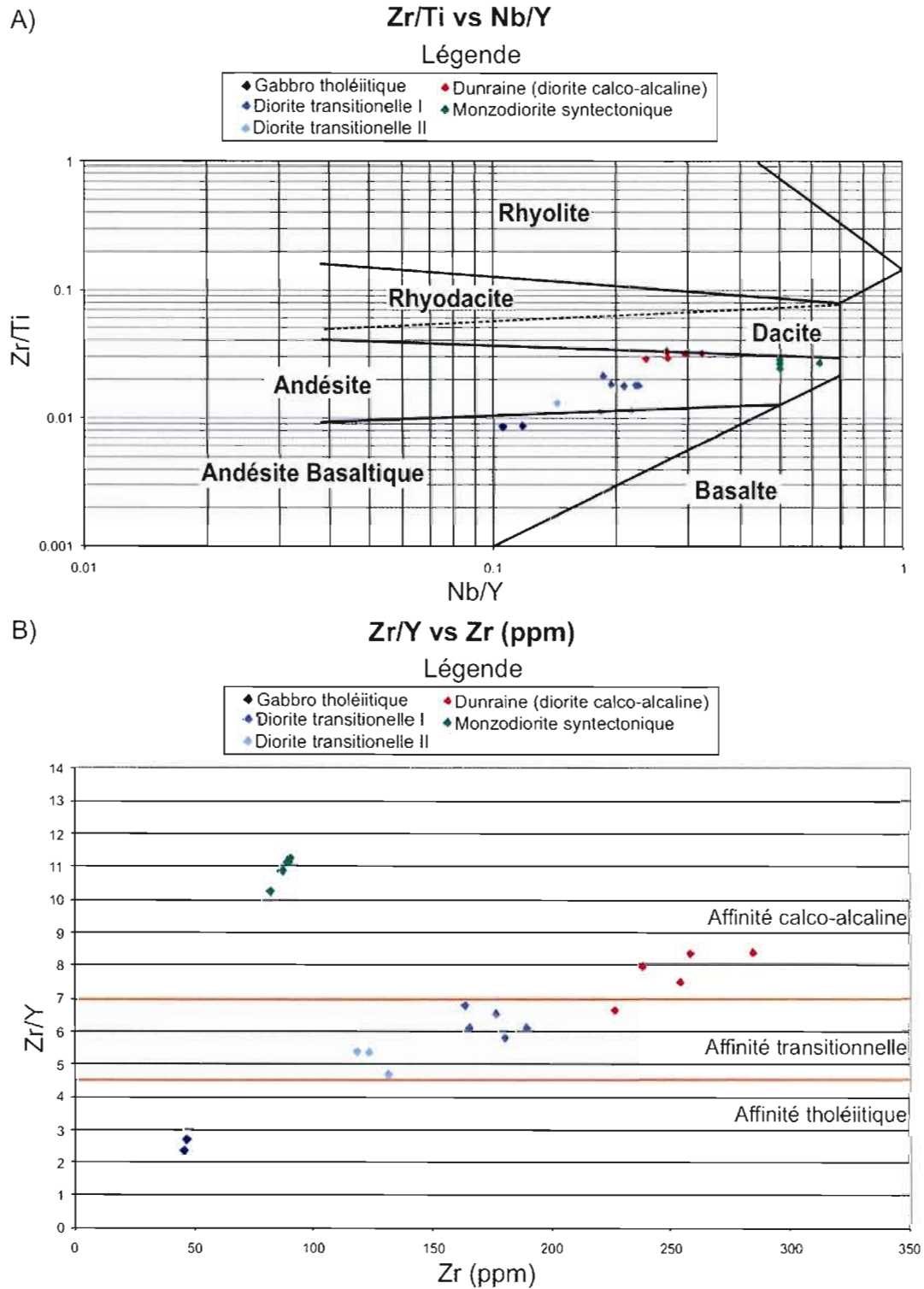


Figure 5.3 : Discrimination des intrusions avec : A) Zr/Ti vs Nb/Y; Modifiée de Winchester et Floyd, 1977 et B) Zr/Y vs Zr (ppm).



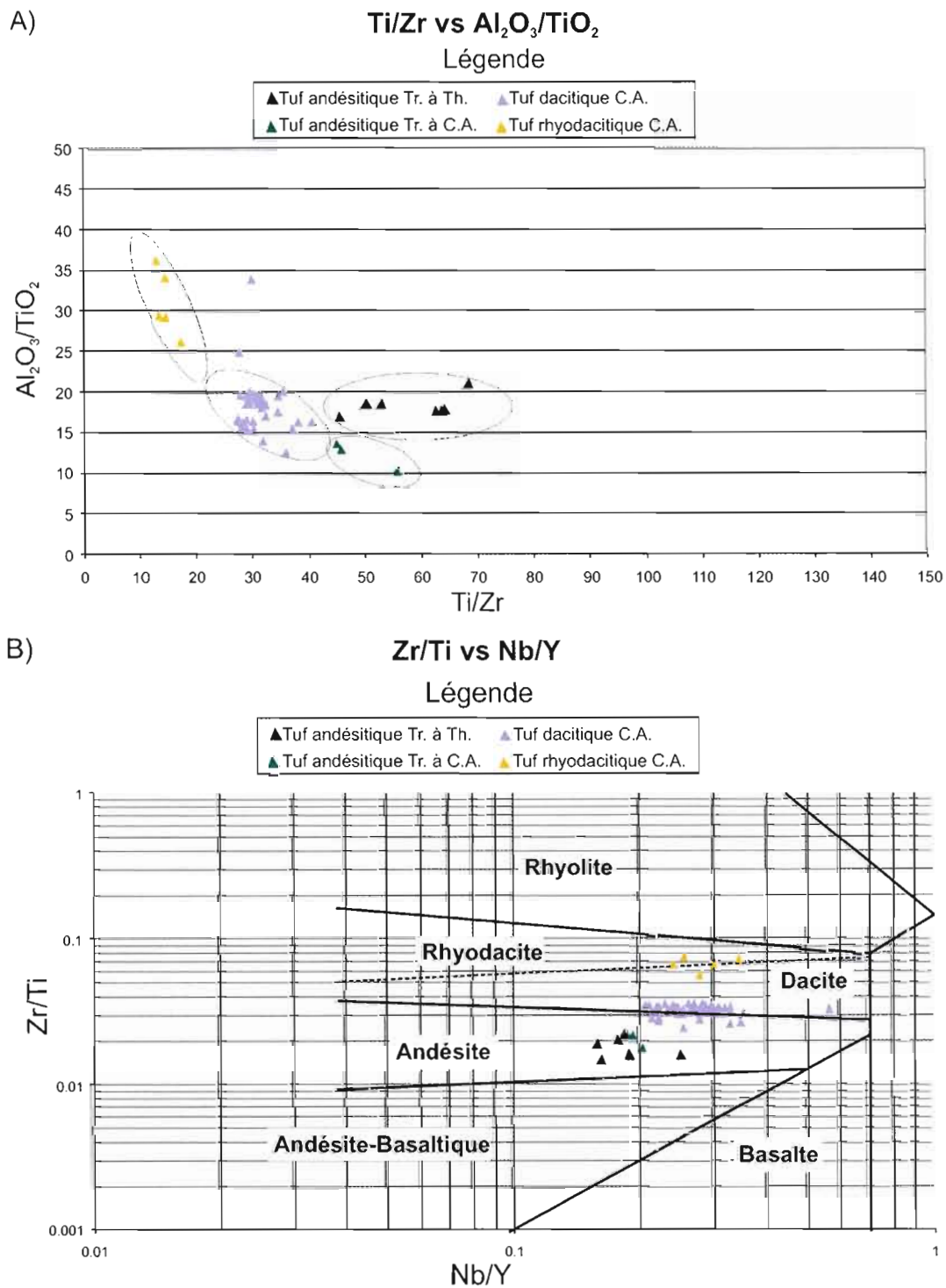


Figure 5.4 : Discrimination des roches volcanoclastiques avec A)  $Al_2O_3/TiO_2$  vs  $Ti/Zr$  et B)  $Zr/Ti$  vs  $Nb/Y$ ; Modifiée de Winchester et Floyd, 1977.

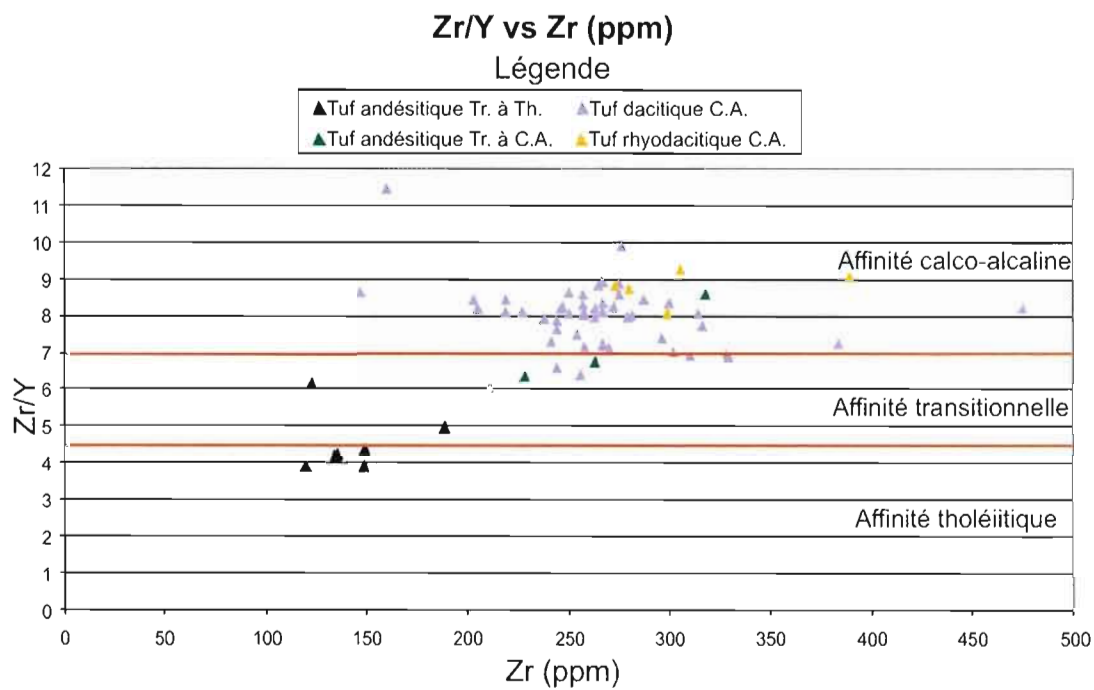


Figure 5.5 : Discrimination des roches volcanoclastiques avec Zr/Y vs Zr (ppm).

Tableau 5.2 : Valeur moyenne des éléments et ratios utilisés pour discriminer les roches du secteur de Dunraigne.

| Affinité géochimique    | n  | TiO <sub>2</sub><br>(%) | σ    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>(%) | σ    | Y<br>(ppm) | σ    | Zr<br>(ppm) | σ     | Nb<br>(ppm) | σ    |
|-------------------------|----|-------------------------|------|---------------------------------------|------|------------|------|-------------|-------|-------------|------|
| <b>Laves</b>            |    |                         |      |                                       |      |            |      |             |       |             |      |
| Andésite-basaltique Th. | 7  | 0,97                    | 0,15 | 18,30                                 | 0,87 | 22,29      | 3,73 | 78,71       | 8,01  | 3,00        | 0,53 |
| Andésite Tr.-C.A. I     | 5  | 1,27                    | 0,03 | 14,63                                 | 0,91 | 35,20      | 1,10 | 228,20      | 5,85  | 7,60        | 0,55 |
| Andésite Tr.-C.A. II    | 16 | 1,31                    | 0,15 | 16,10                                 | 1,55 | 29,75      | 6,31 | 200,63      | 25,99 | 7,06        | 1,14 |
| Andésite C.A. I         | 6  | 1,26                    | 0,22 | 16,13                                 | 2,80 | 32,83      | 6,84 | 259,00      | 45,95 | 8,83        | 1,57 |
| Andésite C.A. II        | 12 | 0,71                    | 0,12 | 14,89                                 | 1,92 | 23,08      | 4,68 | 178,00      | 27,81 | 6,58        | 2,36 |
| Dacite titanifère C.A.  | 11 | 1,12                    | 0,13 | 14,46                                 | 1,88 | 37,45      | 3,26 | 279,36      | 30,34 | 8,91        | 1,50 |
| Dacite Tr.              | 2  | 0,53                    | 0,02 | 13,18                                 | 0,09 | 38,00      | 5,00 | 226,00      | 6,00  | 7,00        | 1,00 |
| Dacite C.A. I           | 10 | 0,62                    | 0,04 | 13,80                                 | 1,00 | 32,90      | 5,20 | 301,90      | 23,73 | 9,40        | 0,49 |
| Dacite C.A. II          | 6  | 0,85                    | 0,03 | 14,23                                 | 0,39 | 38,50      | 5,77 | 310,67      | 17,34 | 10,50       | 0,76 |
| Dacite C.A. III         | 12 | 0,81                    | 0,17 | 15,62                                 | 3,06 | 33,25      | 9,07 | 247,00      | 52,79 | 8,17        | 1,67 |
| Rhyodacite C.A.         | 2  | 0,42                    | 0,02 | 11,00                                 | 1,05 | 34,00      | 5,00 | 282,00      | 2,00  | 8,50        | 1,50 |
| <b>Intrusions</b>       |    |                         |      |                                       |      |            |      |             |       |             |      |
| Gabbro tholéitique      | 2  | 0,53                    | 0,00 | 18,71                                 | 0,06 | 18,00      | 1,00 | 45,50       | 0,50  | 2,00        | 0,00 |
| Diorite Tr. I           | 5  | 0,94                    | 0,07 | 17,77                                 | 1,95 | 28,00      | 2,68 | 174,60      | 9,65  | 5,80        | 0,75 |
| Diorite Tr. II          | 3  | 1,05                    | 0,03 | 18,82                                 | 0,57 | 24,33      | 2,62 | 124,00      | 5,35  | 4,33        | 0,47 |
| Intrusion de Dunraigne  | 5  | 0,81                    | 0,05 | 15,87                                 | 1,12 | 32,60      | 1,74 | 252,00      | 19,68 | 9,00        | 0,89 |
| Monzodiorite            | 4  | 0,33                    | 0,01 | 16,07                                 | 0,13 | 8,00       | 0,00 | 87,00       | 3,08  | 4,25        | 0,43 |
| <b>Volcanoclastites</b> |    |                         |      |                                       |      |            |      |             |       |             |      |
| Andésitique Tr.-C.A.    | 3  | 1,32                    | 0,04 | 16,01                                 | 1,05 | 37,33      | 5,62 | 269,67      | 21,59 | 7,33        | 0,64 |
| Andésitique Tr.-Th.     | 7  | 0,82                    | 0,19 | 14,86                                 | 2,65 | 32,14      | 1,25 | 142,71      | 37,04 | 5,86        | 0,47 |
| Dacitique C.A.          | 54 | 0,83                    | 0,19 | 15,15                                 | 2,55 | 34,17      | 7,99 | 270,17      | 57,85 | 9,28        | 1,60 |
| Rhyodacitique C.A.      | 5  | 0,45                    | 0,06 | 13,95                                 | 1,13 | 35,20      | 4,40 | 309,20      | 41,60 | 10,20       | 2,48 |

Tableau 5.2 : Valeur moyenne des éléments et ratios utilisés pour discriminer les roches du secteur de Dunraigne. (suite)

| Affinité géochimique    | n  | Ti/Zr  | $\sigma$ | Zr/Y  | $\sigma$ | Al/Ti | $\sigma$ | Nb/Y | $\sigma$ |
|-------------------------|----|--------|----------|-------|----------|-------|----------|------|----------|
| <b>Laves</b>            |    |        |          |       |          |       |          |      |          |
| Andésite-basaltique Th. | 7  | 123,24 | 16,48    | 3,61  | 0,58     | 19,33 | 2,93     | 0,14 | 0,03     |
| Andésite Tr.-C.A. I     | 5  | 55,67  | 1,23     | 6,49  | 0,20     | 11,51 | 0,53     | 0,22 | 0,01     |
| Andésite Tr.-C.A. II    | 16 | 65,37  | 4,14     | 6,90  | 0,95     | 12,34 | 0,36     | 0,25 | 0,07     |
| Andésite C.A. I         | 6  | 48,62  | 0,56     | 7,96  | 0,67     | 12,82 | 0,44     | 0,27 | 0,02     |
| Andésite C.A. II        | 12 | 40,00  | 3,10     | 7,87  | 1,14     | 21,21 | 2,52     | 0,29 | 0,09     |
| Dacite titanifère C.A.  | 11 | 40,30  | 2,81     | 7,46  | 0,56     | 12,90 | 1,06     | 0,24 | 0,04     |
| Dacite Tr.              | 2  | 23,26  | 1,28     | 6,07  | 0,96     | 25,11 | 0,56     | 0,18 | 0,00     |
| Dacite C.A. I           | 10 | 20,59  | 1,19     | 9,35  | 1,31     | 22,27 | 1,07     | 0,29 | 0,04     |
| Dacite C.A. II          | 6  | 27,46  | 0,96     | 8,26  | 1,35     | 16,71 | 0,18     | 0,28 | 0,04     |
| Dacite C.A. III         | 12 | 32,88  | 1,28     | 7,55  | 0,74     | 19,34 | 0,75     | 0,25 | 0,03     |
| Rhyodacite C.A.         | 2  | 14,72  | 0,64     | 8,47  | 1,19     | 26,62 | 3,50     | 0,25 | 0,01     |
| <b>Intrusions</b>       |    |        |          |       |          |       |          |      |          |
| Gabbro tholéïtique      | 2  | 116,50 | 1,28     | 2,54  | 0,17     | 35,29 | 0,12     | 0,11 | 0,01     |
| Diorite Tr. I           | 5  | 53,87  | 3,43     | 6,26  | 0,35     | 18,86 | 0,81     | 0,21 | 0,02     |
| Diorite Tr. II          | 3  | 84,91  | 5,59     | 5,13  | 0,32     | 17,95 | 1,05     | 0,18 | 0,03     |
| Intrusion de Dunraigne  | 5  | 32,39  | 1,61     | 7,75  | 0,64     | 19,48 | 0,60     | 0,28 | 0,03     |
| Monzodiorite            | 4  | 38,27  | 2,09     | 10,88 | 0,39     | 48,40 | 1,95     | 0,53 | 0,05     |
| <b>Volcanoclastites</b> |    |        |          |       |          |       |          |      |          |
| Andésitique Tr.-C.A.    | 3  | 49,08  | 7,92     | 7,22  | 0,74     | 12,21 | 1,27     | 0,20 | 0,03     |
| Andésitique Tr.-Th.     | 7  | 58,26  | 4,83     | 4,53  | 0,98     | 18,23 | 1,53     | 0,19 | 0,01     |
| Dacitique C.A.          | 54 | 30,94  | 2,72     | 8,01  | 0,86     | 18,52 | 2,90     | 0,28 | 0,05     |
| Rhyodacitique C.A.      | 5  | 14,76  | 1,50     | 8,79  | 0,39     | 31,09 | 3,61     | 0,29 | 0,04     |

### 5.1.6 Environnement tectonique

Les diagrammes ternaires Ti-Zr-Y (Pearce et Cann, 1973) et Zr-Y-Nb (Meschede, 1986) sont utilisés afin de déterminer l'environnement tectonique de formation des laves du secteur de Dunraine puisqu'ils permettent de différencier les laves mafiques à intermédiaires (Lavoie, 2003) provenant d'un environnement d'arc océanique (IAT), de ride océanique (MORB) ou de volcanisme intra-plaque (WPB).

Sur le diagramme Ti-Zr-Y (Pearce et Cann, 1973), les andésites calco-alkalines et les andésites calco-alkalines à transitionnelles de la Formation de Val d'Or se situent dans le champ des basaltes d'arc volcanique (figure 5.6A) tandis que les andésites basaltiques tholéitiques de la Formation de Héva se trouvent dans le champ des basaltes médio-océaniques de type N-MORB et d'arc volcanique. Sur le diagramme Zr-Y-Nb (Meschede, 1986), les andésites calco-alkalines et les andésites calco-alkalines à transitionnelles de la Formation de Val d'Or se situent dans le champ des basaltes d'arc volcanique et des tholéiites intra-plaques (figure 5.6B) tandis que les andésites basaltiques tholéitiques de la Formation de Héva se trouvent dans le champ des basaltes médio-océaniques de type N-MORB et d'arc volcanique.

Les résultats de ces deux diagrammes concordent avec le modèle volcanique suggéré par Scott et al. (2002) et la cartographie du camp minier de Val d'Or effectuée par Grant et al. (2005). Ces travaux ont permis d'interpréter que les roches volcaniques de la Formation de Val d'Or proviennent d'un arc volcanique sous-marin et que les roches volcaniques de la Formation de Héva se sont mises en place dans un système de rift recoupant la Formation de Val d'Or. Les présents travaux permettent d'affirmer que les roches volcaniques des deux formations proviennent d'environnements tectoniques distincts et de séries magmatiques distinctes (voir section 5.1). Enfin, il faut souligner que le contact entre les roches de la Formation de Val d'Or et de la Formation de Héva a été cartographié durant ce projet de maîtrise et n'est pas de nature tectonique. La nature stratigraphique du contact vient également appuyer l'interprétation de Scott et al. (2002).

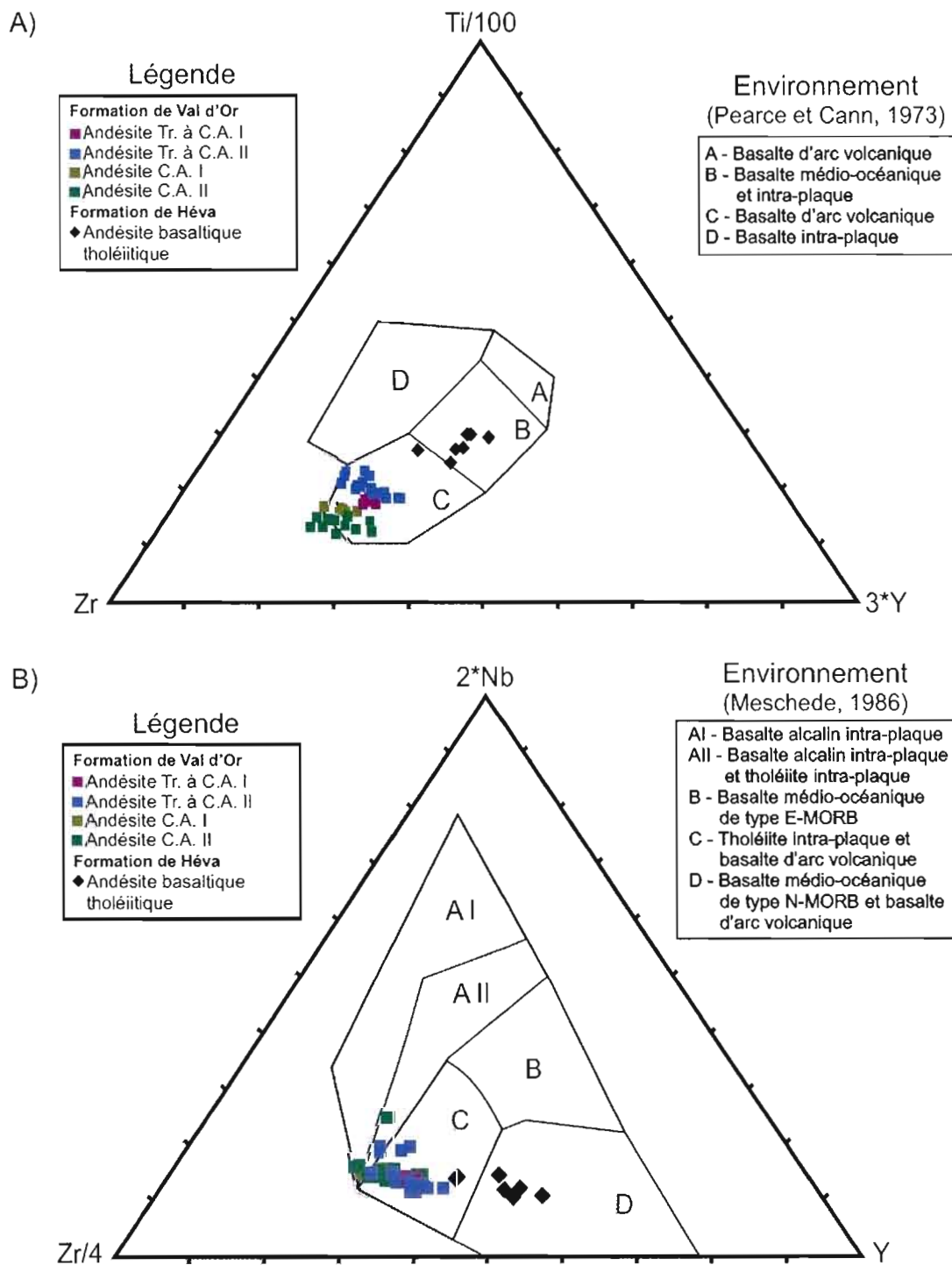


Figure 5.6 : Environnement tectonique des laves mafiques à intermédiaires du secteur de Dunrain selon : A) le diagramme ternaire Ti-Zr-Y (Pearce et Cann, 1973) et B) le diagramme ternaire Nb-Zr-Y (Meschede, 1986).

## 5.2 Profils d'altération NORMAT

La caractérisation des altérations hydrothermales permet de définir la morphologie des appareils minéralisateurs et de créer des vecteurs qui peuvent servir de guide d'exploration (Dubé et al., 2007; Hannington, 2003). Plusieurs chercheurs ont développé des équations permettant de quantifier les altérations hydrothermales reliées aux SMV à partir d'analyses lithogéochimiques de roches volcaniques (Ishikawa et al., 1976; Kranidiotis et MacLean, 1987; Spitz et Darling, 1978). La composition du précurseur influence cependant les résultats, ce qui fait que l'utilisation de ces techniques à grande échelle est peu viable (Piché et Jébrak, 2004).

Dans cette optique, Piché et Jébrak (2004) ont développé le programme NORMAT qui permet de calculer certains indices d'altération pour les roches portées au grade métamorphique des schistes verts et ce, tout en tenant compte de la composition chimique du protolithe. Le programme calcule une composition minéralogique idéale de l'échantillon à l'aide d'une norme géochimique spécialement développée pour des roches portées au faciès des schistes verts et prend ensuite en compte l'excès en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et l'appauvrissement en éléments alcalins ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ) des roches hydrothermalisées afin de calculer la quantité de minéraux d'altération formés, soit principalement la séricite, la chlorite, la paragonite et la pyrophyllite (Piché et Jébrak, 2006).

L'indice IFRAIS représente l'altération totale d'un échantillon en séricite, chlorite, paragonite et pyrophyllite et permet d'évaluer l'altération subie par un échantillon sans toutefois savoir précisément quels minéraux d'altération ont été formés. Cet indice donne des résultats totalement indépendants par rapport à la composition du protolithe puisqu'il prend en compte tous les minéraux d'altération potentiellement présents. Les indices ICHLO, ISER, IPARA et IPYRO représentent respectivement l'altération en chlorite, séricite, paragonite et pyrophyllite de l'échantillon. Ces quatre indices d'altération sont pour leur part fonction de la composition de la roche. Une roche mafique riche en fer et en magnésium, par exemple, s'altérera préférentiellement en chlorite plutôt qu'en séricite. Les roches les plus fraîches auront des indices IFRAIS plus élevés tandis que les roches fortement hydrothermalisées



auront des valeurs IFRAIS tendant vers zéro. La somme des indices IFRAIS, ICHLO, ISER, IPARA et IPYRO est toujours de 100. Par exemple, un indice IFRAIS de 75 signifie que la somme des quatre autres indices est de 25 puisque 25% des éléments Mg, Fe, Ca, Na et K se retrouvent dans les minéraux d'altération.

L'indice d'altération IOR quantifie l'altération potassique sous forme d'orthose. L'indice d'altération IPAF permet de calculer la quantité de carbonates présents dans un échantillon à partir de la perte au feu (PAF). Pour ce faire, le programme calcule d'abord la quantité théorique de CO<sub>2</sub> que contient l'échantillon à partir de la perte au feu (PAF) et estime par la suite la quantité de carbonates présents. Des valeurs inférieures à 0 ou supérieures à 100 peuvent être générées par une sous-estimation de la quantité d'H<sub>2</sub>O normative ou la présence de sulfures et de graphite dans la roche. Ces deux derniers indices d'altération ne sont cependant pas comptabilisés dans l'indice d'altération IFRAIS. Bref, la norme NORMAT permet donc de quantifier l'altération des roches mais il faut tenir compte de la nature du protolithe quand vient le temps d'analyser les indices d'altération spécifiques à chaque minéral. Les données complètes générées à l'aide du programme NORMAT sont présentées à l'appendice D.

### **5.2.1 Indice IFRAIS**

Les roches du secteur Dunraine sont généralement fraîches et contiennent peu de minéraux d'altération hydrothermale (i.e. indice d'altération IFRAIS de 50 à 100). Les roches volcanoclastiques dacitiques encaissant les zones minéralisées ont par contre des indices d'altération IFRAIS entre 0 et 25 (figure 5.7A). Ces résultats montrent que la zone minéralisée a subi une altération hydrothermale poussée tandis que le reste du secteur de Dunraine a été peu affecté.

### **5.2.2 Indice ICHLO**

L'indice ICHLO permet de quantifier la quantité de chlorite hydrothermale présente dans les roches altérées. Ce type d'altération est habituellement relié aux zones d'altération se

situant sous les lentilles de sulfures massifs volcanogènes (Ohmoto, 1996). La bande minéralisée décrite au paragraphe précédent est fortement altérée en chlorite et montre des indices ICHLO de 25 à 75, tandis que le reste du secteur affiche des indices ICHLO en deçà de 10 (figure 5.7B). Ces valeurs anormales proviennent d'une roche felsique dacitique qui ne contient pas beaucoup de fer et de magnésium à l'origine, donc qui aurait possiblement été altérée par de l'eau de mer riche en magnésium ou des fluides hydrothermaux riche en magnésium et/ou en fer (Larson, 1984).

### 5.2.3 Indice ISER

L'indice ISER permet d'évaluer la quantité de séricite hydrothermale présente dans les roches analysées. Les échantillons de la zone minéralisée, du pourtour de la zone minéralisée ainsi que certains échantillons se situant loin de la zone minéralisée montrent des anomalies en séricite mais la zone minéralisée affiche les indices d'altération ISER les plus élevés (i.e. de 25 à 75). Les indices d'altération ISER du reste du secteur oscillent entre 0 et 10 (figure 5.8A). La séricite est considérée comme une altération plus distale que la chlorite par rapport au centre de la cheminée d'altération volcanogène (Larson, 1984). L'indice d'altération ISER est possiblement biaisé dans la zone minéralisée car les roches encaissantes dacitiques sont riches en K.

### 5.2.4 Indice IPYRO

La pyrophyllite ( $\text{AlSi}_2\text{O}_5\text{OH}$ ) est un minéral indicateur des zones d'altération alumineuse reliées à un fort lessivage par des fluides hydrothermaux (Mercier-Langevin et al., 2007). La création de ce type d'altération nécessite un ratio fluide/roche élevé (Herrmann et al., 2009). Seuls les échantillons provenant de la zone minéralisée montrent des indices IPYRO anormalement élevés, c'est-à-dire se situant entre 1,2 et 12 (figure 5.8B), alors que les autres roches du secteur montrent des indices IPYRO variant de 0 à 0,1.

### 5.2.5 Indice IOR

L'indice IOR permet de déceler les altérations potassiques (orthose) reliées aux systèmes hydrothermaux. Cet indice a permis, par exemple, de détecter une altération potassique dans le toit du gisement de l'ancienne mine Louvicourt (Faure, 2008), située à 6 kilomètres à l'est du secteur de Dunraine. Une altération potassique est aussi présente dans les roches qui se situent stratigraphiquement au dessus de la minéralisation du secteur de Dunraine et ce, de part et d'autre de l'intrusion de Dunraine (figure 5.9A). L'indice d'altération IOR des roches se situant stratigraphiquement au dessus de la zone minéralisée varie de 4 à 20 contrairement aux roches du reste de la propriété qui ont des indices IOR inférieures à 4. Les environnements hydrothermaux de l'ancien gisement de la mine Louvicourt et de la zone minéralisée du secteur de Dunraine présentent donc des similitudes en termes d'altération hydrothermale.

### 5.2.6 Indice IPAF

L'indice IPAF permet de quantifier l'altération en carbonate de la roche sans toutefois faire la distinction entre les types de carbonate. Les roches du secteur de Dunraine montrent une grande variation dans leur teneur théorique en carbonate (figure 5.9B). Les roches de la zone minéralisée ont des indices d'altération IPAF variant de -15 à 15 alors que les autres roches du secteur de Dunraine ont des indices d'altération IPAF qui varient aléatoirement de -15 à 100. La zone minéralisée est systématiquement pauvre en carbonates en comparaison aux autres lithologies du secteur, ce qui signifie que les fluides hydrothermaux ne contenaient pas de grandes quantités de  $\text{CO}_2$ .

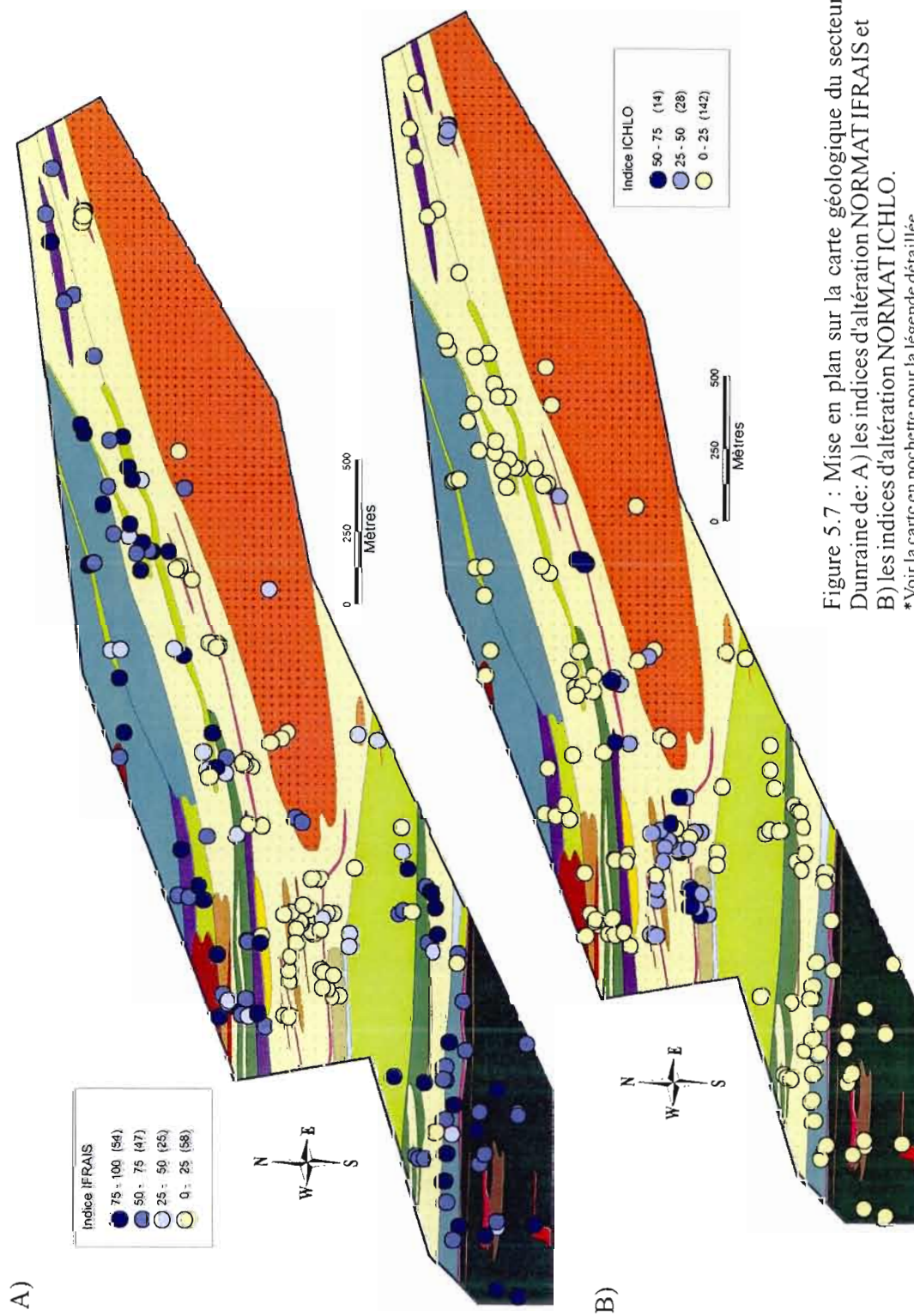


Figure 5.7 : Mise en plan sur la carte géologique du secteur de Dunraigne de: A) les indices d'altération NORMAT IFRAIS et B) les indices d'altération NORMAT ICHLO.

\*Voir la carte en pochette pour la légende détaillée.



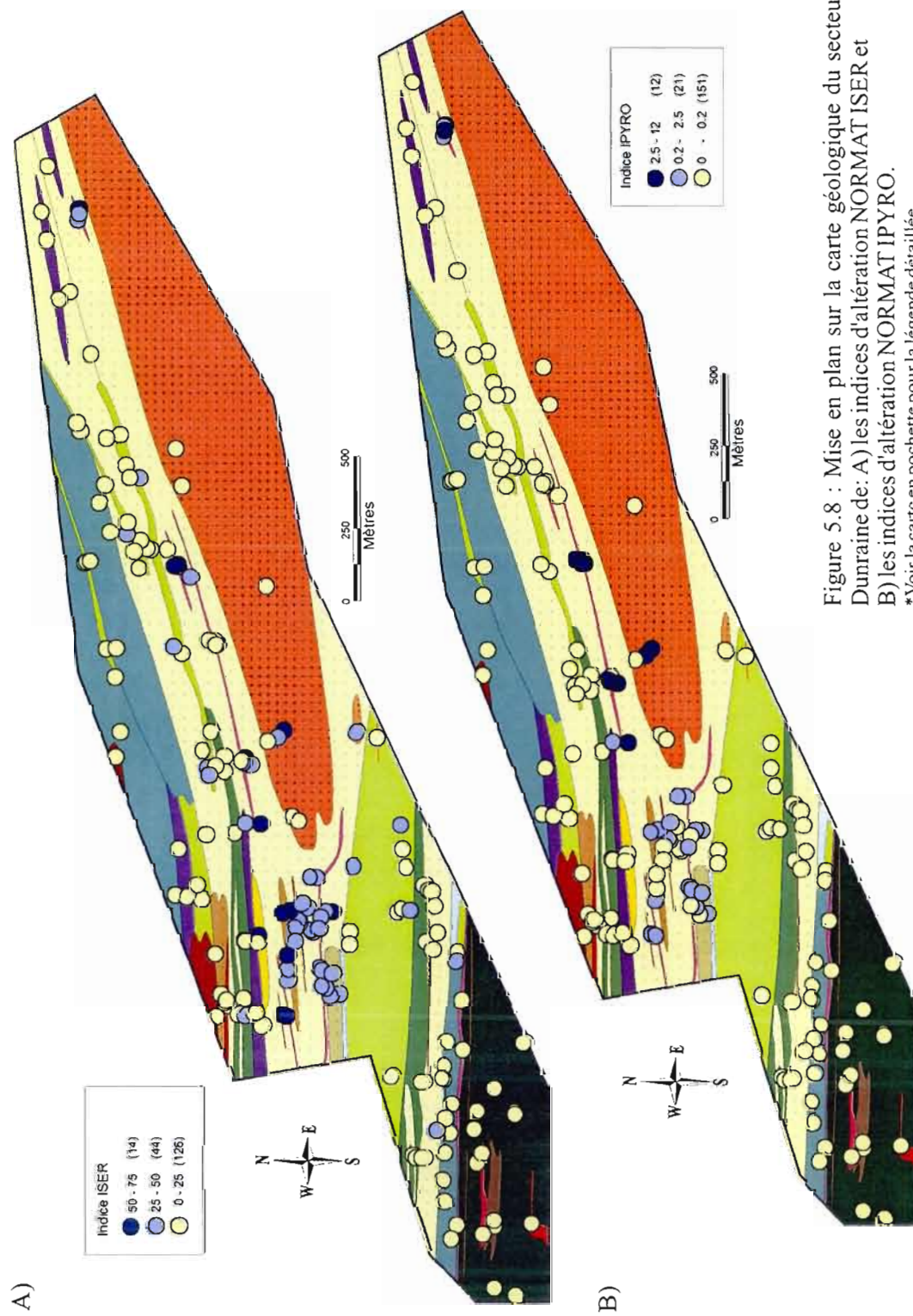


Figure 5.8 : Mise en plan sur la carte géologique du secteur de Dunrain de: A) les indices d'altération NORMAT ISER et B) les indices d'altération NORMAT IPYRO.

\* Voir la carte en pochette pour la légende détaillée.

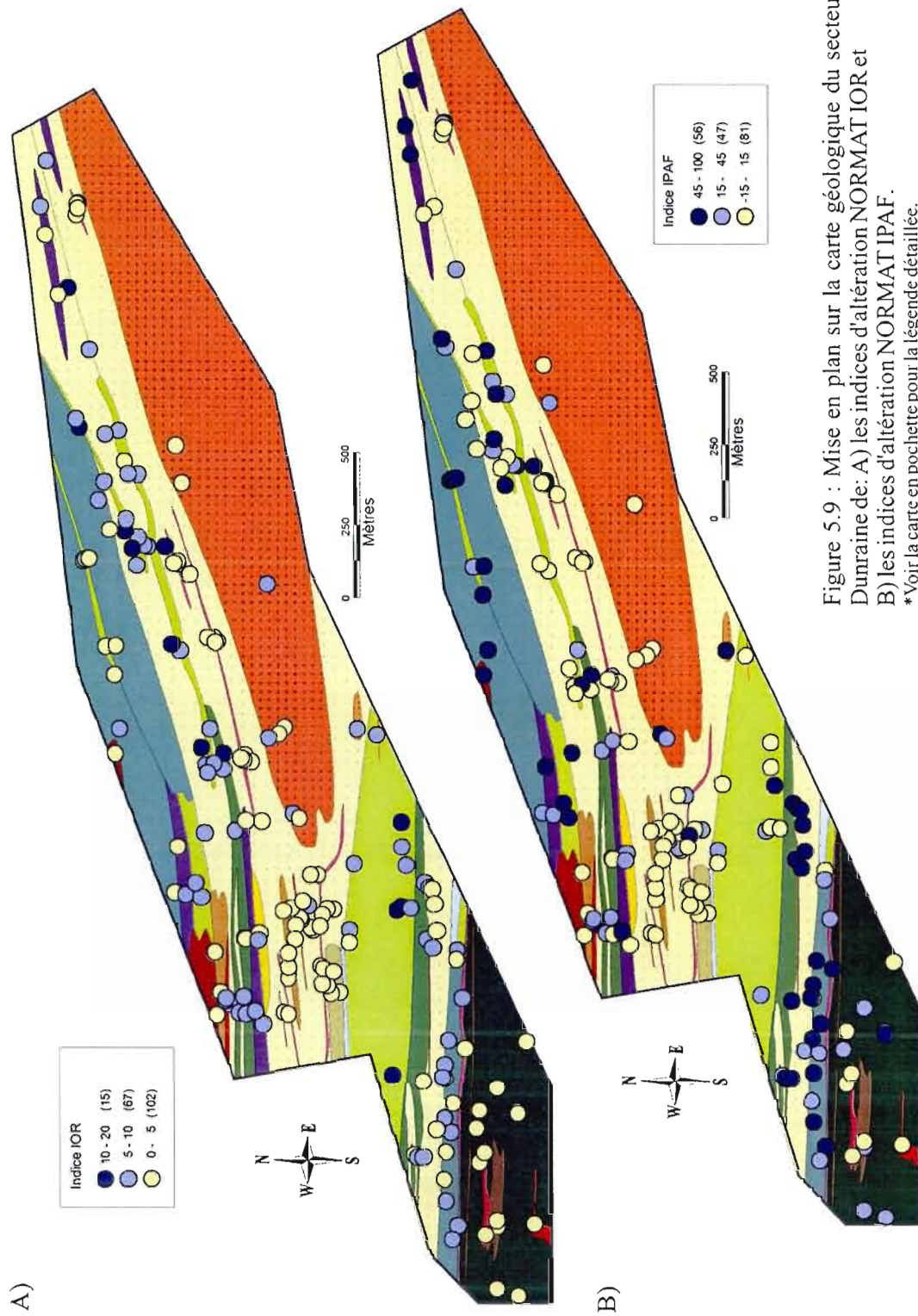


Figure 5.9 : Mise en plan sur la carte géologique du secteur de Dunraigne de: A) les indices d'altération NORMAT IOR et B) les indices d'altération NORMAT IPAF.  
\* Voir la carte en pochette pour la légende détaillée.



### 5.3 Variations compositionnelles minéralogiques

Une série d'analyses à la microsonde (Jeol JXA-8900L) a été effectuée à l'université McGill afin de caractériser la composition chimique de certains minéraux. Cette méthode utilise la même propriété physique de la matière que le spectromètre à fluorescence X, soit la fluorescence induite de la matière par un bombardement de rayons X. La limite de détection pour chaque élément analysé ainsi que les résultats d'analyse sont présentés à l'appendice B. Cette section a pour but de présenter les résultats obtenus pour la chlorite, les micas blancs et le rutile. L'analyse de la variation compositionnelle de ces minéraux permet de caractériser l'altération hydrothermale reliée aux minéralisations du secteur de Dunraine.

#### 5.3.1 Chlorite et micas blanc

La composition des chlorites et des micas blancs est sensible aux phénomènes hydrothermaux. La microsonde permet donc de caractériser les variations compositionnelles des chlorites et des micas blancs dans les roches ayant subi de l'hydrothermalisme et de comparer avec les mêmes minéraux dans les roches non hydrothermalisées.

Les chlorites montrent une grande variation dans leur contenu en fer et en magnésium au pourtour et dans la zone minéralisée du secteur de Dunraine (figure 5.10A). Les roches distales par rapport à la minéralisation, donc non hydrothermalisées, sont composées de chlorites ferrières de type chamosite (lames D3-9 et Carto 134). Ces chlorites ferrières montrent des couleurs de biréfringence brune à bleu de Berlin au microscope optique. Les chlorites associées à la minéralisation (lames D1-8 et D4-1) sont pour leur part magnésiennes (i.e. de type clinocllore) et montrent des couleurs de biréfringence anormale, dans les tons de gris, et comportent souvent des macles semblables aux macles polysynthétiques du plagioclase. Les roches ayant subi l'altération hydrothermale la plus poussée (lame mince D1-8) contiennent les chlorites les plus magnésiennes et des cordiérites hydrothermales partiellement rétro-métamorphisées en chlorite et en quartz. Les causes et implications de la présence de chlorites magnésiennes et de cordiérites associées à la zone minéralisée sont discutées au chapitre VII.

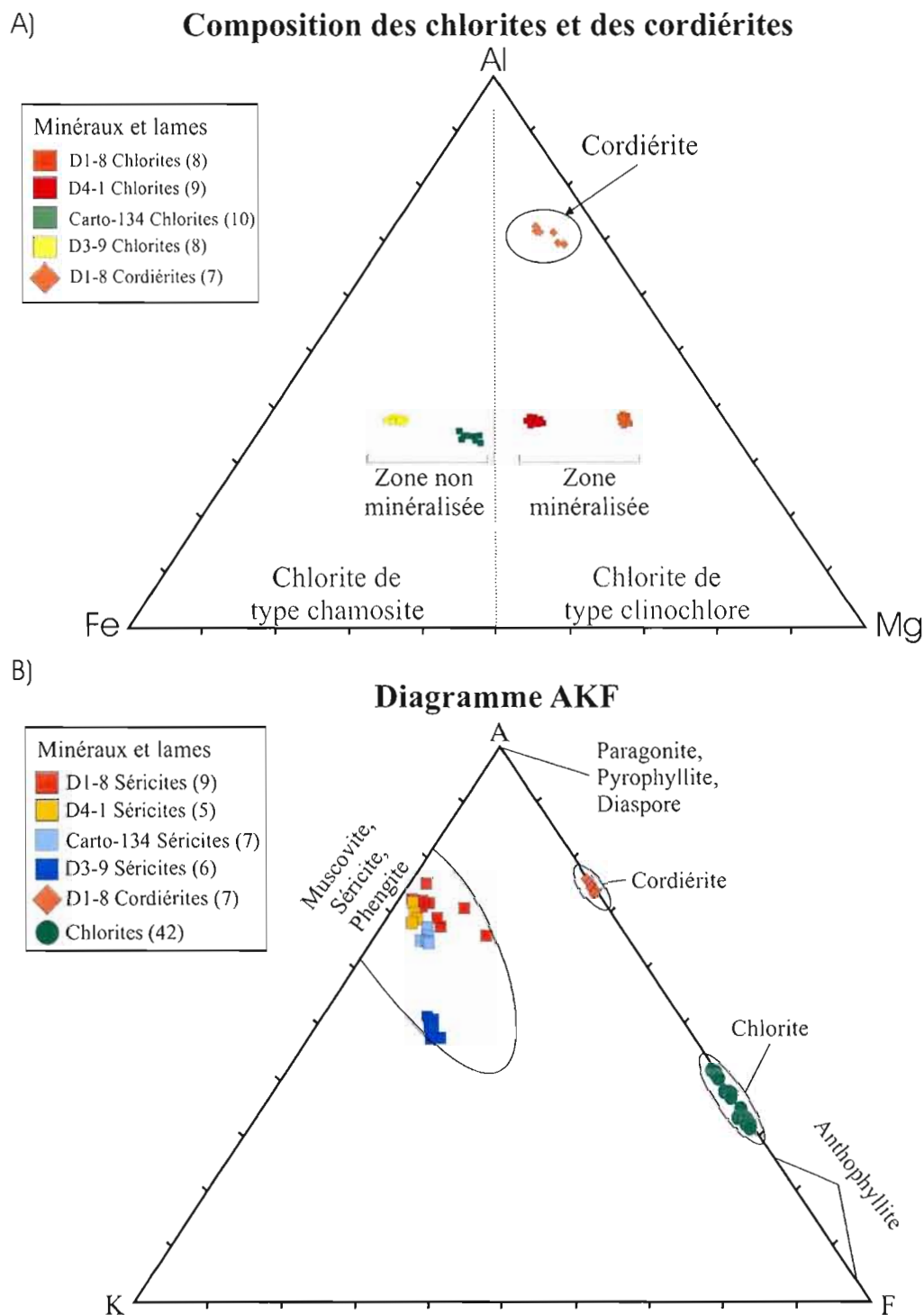


Figure 5.10 : A) Diagramme ternaire Al-Fe-Mg montrant la composition des chlorites et des cordiérites du secteur de Dunraigne, B) Diagramme AKF (Ehlers et Blatt, 1982) montrant la composition des micas blancs, des chlorites et des cordiérites du secteur de Dunraigne.

Il est quasi-impossible de déterminer la composition des micas blancs (séricite-paragonite-diaspore-pyrophyllite) par observation au microscope puisque leurs propriétés au microscope optique sont pratiquement identiques. Une analyse à la microsonde des micas blancs a donc été effectuée afin d'en déterminer la nature exacte. La présence de pyrophyllite, de séricite, de paragonite ou de diaspore dans une zone d'altération peut suggérer des modes de formation différents pour la minéralisation. La présence de diaspore et de pyrophyllite par exemple est reliée aux minéralisations porphyriques ou épithermales alors que la présence de paragonite et de séricite est plutôt associée aux minéralisations de type SMV (Thompson et Thompson, 1996). Les micas blancs de la zone minéralisée du secteur de Dunraine sont des phengites (i.e. muscovite contenant un peu de fer et/ou de magnésium) comme le démontre le diagramme AKF (Ehlers et Blatt, 1982) de la figure 5.10B. La présence et la nature des micas blancs, des chlorites magnésiennes et de cordiérites dans la zone minéralisée sont cohérentes avec une altération synvolcanique dans le secteur de Dunraine (Shriver et MacLean, 1993; Ohmoto, 1996).

### 5.3.2 Rutile

Le rutile est un minéral accessoire commun dans les roches volcaniques et intrusives qui est résistant au processus d'altération météoritique et au transport mécanique (Clark et Williams-Jones, 2004). Les travaux de Clark et Williams-Jones (2004) suggèrent que ce minéral se trouve en concentration significative dans les halos hydrothermaux et métamorphiques associés à plusieurs types de gisements. Les rutiles provenant de roches n'ayant subi que peu ou pas d'altération hydrothermale ont habituellement une composition presque idéale ( $\text{TiO}_2$ ) avec des traces de fer, de chrome et de vanadium. Les rutiles provenant de roches hydrothermalisées et/ou minéralisées contiennent pour leur part des quantités significatives d'étain, d'antimoine et de tungstène (Clark et Williams-Jones, 2004).

Les roches de la zone minéralisée du secteur de Dunraine contiennent jusqu'à 1% de rutile associé majoritairement à une altération en séricite. Les rutiles sont orientés selon la schistosité principale et se retrouvent majoritairement dans la mésostase des roches volcanoclastiques encaissant la minéralisation. La concentration en Sn, Sb et W de ces rutiles

est anormalement élevée dans la plupart des analyses (figure 5.11), ce qui suggère que ces rutiles proviennent de l'activité hydrothermale ou que leur composition a été modifiée par les fluides hydrothermaux minéralisateurs. Les rutiles de l'échantillon D1-9 ont une évolution plus nette vers le pôle Sn+Sb+W que les rutiles des deux autres échantillons, ce qui est possiblement expliqué par la présence d'une altération hydrothermale plus intense sur le décapage D1. L'importance des anomalies en Sn, Sb et W des rutiles de la zone minéralisée du secteur de Dunraine est cependant beaucoup moins marquée que dans les zones minéralisées ou faiblement minéralisées de la mine Langlois dans la région de Quévillon (figure 5.12). Cette différence est possiblement expliquée par l'intensité moindre du système hydrothermal ayant affecté les roches de la zone minéralisée du secteur de Dunraine en comparaison avec les roches de la mine Langlois.

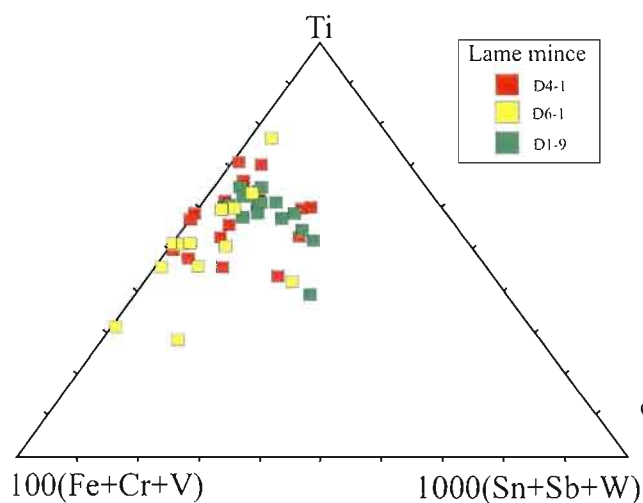
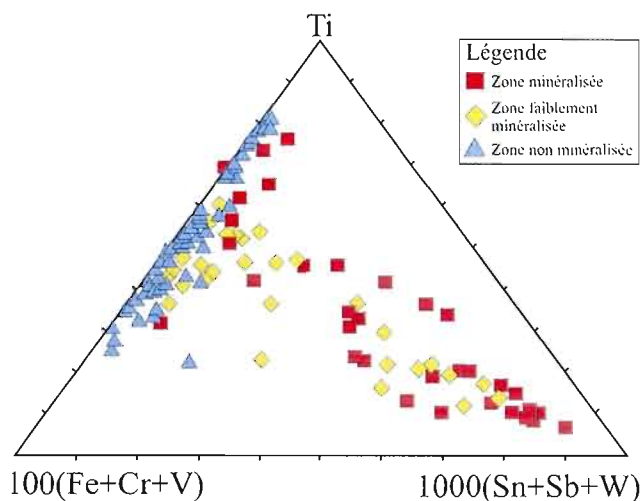


Figure 5.11 : Variation compositionnelle des rutiles de la zone minéralisée du secteur de Dunraine.

Figure 5.12 : Variation compositionnelle des rutiles du gisement de type SMV de la mine Langlois, Quévillon.  
Modifié de Clark et Williams-Jones, 2004.



## CHAPITRE VI

### CARACTÉRISATION STRUCTURALE

Les études structurales réalisées dans le segment de Malartic ont permis d'identifier au moins deux phases de déformation régionale (tableau 6.1) reliées à l'orogénie kénoréenne (Bouchard, 1980; Babineau, 1985; Robert, 1989; Robert, 1991; Desrochers et Hubert, 1996).

La déformation  $D_1$  est caractérisée par une schistosité  $S_1$  d'attitude nord-ouest/sud-est ayant un pendage abrupt vers le nord-est qui est absente dans certains secteurs du segment de Malartic. Des plis  $P_1$  isoclinaux à serrés possédant un axe variant de nord-ouest/sud-est à nord-est/sud-est ainsi que des failles d'orientation nord-ouest/sud-est accompagnent cet épisode de déformation. Selon Desrochers et Hubert (1996), les roches de la Formation de Val d'Or ne seraient pas affectées par cet épisode de déformation, ce qui est attribué à une mise en place tardive par rapport aux autres lithologies du segment de Malartic. Les travaux récents de Scott et al. (2002) montrent cependant que les roches de la Formation de Val d'Or sont concordantes avec les autres unités rocheuses du segment de Malartic.

L'épisode de déformation  $D_2$  comprend jusqu'à trois incréments de déformation selon les différents auteurs (tableau 6.1). Suivant Desrochers et al. (1996), une phase de déformation  $D_{2.1}$  forme des plis nord-est/sud-est se trouvant exclusivement dans les roches sédimentaires du Groupe de Kewagama. Toujours selon Desrochers et al. (1996), la déformation  $D_{2.2}$  aurait générée la foliation régionale  $S_{2.2}$ , affecte toutes les unités du segment de Malartic et est accompagné de plis serrés à isoclinaux  $P_{2.2}$  ayant une orientation axiale est-ouest. Enfin, le dernier incrément de déformation,  $D_{2.3}$ , est observable localement le long des failles majeures les zones tectoniques de Cadillac-Larder Lake, de Marban-Norbenite et de Montigny. Cette déformation est caractérisée par des plis asymétriques dextres ( $P_{2.3}$ ) d'orientation est-ouest qui affectant  $S_{2.2}$  et par une schistosité  $S_{2.3}$  orientée est-ouest. Un épisode mineur  $D_3$  produit localement deux familles conjuguées de plis en chevron d'orientation  $N330^\circ$  et  $N035^\circ$  qui affectent les autres structures observées.

Tableau 6.1 : Comparaison des structures et des événements de déformation répertoriés par quelques auteurs.

| Babineau (1985)   | Sans façon et Hubert (1990)   | Robert (1991)   | Desrochers et Hubert (1996)  | Cette étude                               |
|---|---|---|--|---|
| Région de La Motte                                      | Région de Malartic  | Segment de Malartic   | Segment de Malartic  | Formation de Val d'Or                     |
| $D_1$ : NE-SO:NO-SE:V<br>$P_1$ : NO-SE<br>$S_1$ : NO-SE | $D_1$<br>$P_1$ : NE-SO, isoclinal   | $D_1$<br>$P_1$ : NE-SO, isoclinal   | $D_1$ : NE-SO:NO-SE:V<br>$P_1$ : NO-SE<br>$S_1$ : NO-SE<br>$F_1$ : NO-SE   | Non documenté dans le secteur de Dunraine |
| $D_2$ : E-O:V<br>$P_2$ : E-O<br>$S_2$ : E-O/V           | $D_2$ : NE-SO:NO-SE:V<br>$P_2$ : N315°<br>$S_2$ : N315°/mod - V           | $D_2$ : E-O:V<br>$P_2$ : ± E-O, isoclinal<br>$S_2$ : NO-SE à E-O/V<br>$L_2$ : abrupte | $D_2$ :<br>$P_2$ : 25°-40° → N260°, serré à isoclinal<br>$S_2$ : N250°/85° à N260°/85°<br>$L_2$ : abrupte vers E<br>$D_2$ tardif :<br>$L_{2,1}$ : subhorizontale |   |
|   | $D_2$ : NE-SO:NO-SE:V<br>$P_2$ : N280°, senestre<br>$S_2$ : N280°/mod - V |   | $D_{2,2}$<br>$P_{2,2}$ : E-O, dextre<br>$S_{2,2}$ : E-O/V<br>$L_{2,2}$ : variable  |   |
|   |   | $D_3$ : NO-SE:NE-SO:V<br>$P_3$ : E-O, dextre<br>$S_3$ : E-O à ENE-OSO                 | $D_{2,3}$<br>$P_{2,3}$ : E-O, dextre<br>$S_{2,3}$ : E-O  |   |
| $D_3$<br>Kinks : NO, senestre;<br>NE, dextre            | $D_3$<br>Kinks :<br>NO-SE, senestre;<br>NE-SW, dextre                     |   | $D_3$<br>Kinks :<br>N315°/70°, senestre<br>N190°/85°, dextre<br>$L_3$ : subverticale   |   |

Notes : V = subvertical; P = pli; S = schistosité; L = linéation; F = faille; D = déformation, mod = modéré. Modifié de Desrochers et Hubert (1996).



## 6.1 Structures et microstructures du secteur Dunraine

Afin de respecter la chronologie des déformations au sein du segment de Malartic (Desrochers et Hubert, 1996; Robert, 1991; Babineau, 1985; Sansfaçon et Hubert, 1990), le premier épisode de déformation sera classifié comme appartenant à  $D_2$ .

### 6.1.1 Schistosité

Dans la Formation de Val d'Or, cette déformation  $D_2$  est caractérisée par une schistosité principale  $S_2$  d'orientation est-ouest à nord-est/sud-ouest avec un pendage abrupte vers le nord. L'attitude de cette schistosité varie légèrement dans le secteur de Dunraine. La partie nord-est montre une schistosité d'attitude moyenne  $N250^\circ/85^\circ$  qui semble légèrement changer d'orientation en se dirigeant vers la partie sud-ouest, où elle affiche une orientation de  $N260^\circ/85^\circ$  (figure 6.1A). La variation de l'attitude de la schistosité  $S_2$  en Abitibi est interprétée par Daigneault et al. (2002) comme résultant de failles obliques recoupant cette fabrique régionale et d'une réfraction dans des auréoles de déformation autour de suites plutoniques plus résistantes tel le pluton de Bourlamaque, l'intrusion d'East-Sullivan et le pluton de Bevcon.

Dans le secteur de Dunraine, l'intensité de la schistosité  $S_2$  varie par rapport au type de lithologie affecté. Les intrusions ainsi que les laves felsiques affichent une schistosité peu pénétrative parfois difficile à identifier. Les laves intermédiaires à mafiques montrent une schistosité bien développée tandis que les roches volcanoclastiques affichent une schistosité très pénétrative. Les clastes des unités fragmentaires montrent un aplatissement en forme de crêpes légèrement ovoïdes (planche photographique VI-A). L'altération hydrothermale influence également l'intensité de la schistosité  $S_2$  puisque les roches volcanoclastiques minéralisées et altérées au nord de l'intrusion de Dunraine sont fortement cisailées et montrent une schistosité  $S_2$  plus intense que dans les roches volcanoclastiques adjacentes non altérées.

### 6.1.2 Cisaillements

Deux zones de cisaillement important, caractérisées par une augmentation significative de l'intensité de la schistosité  $S_2$ , sont présentes dans le secteur de Dunraine (voir la carte en pochette). La première zone de cisaillement correspond à l'horizon minéralisé situé au nord de l'intrusion de Dunraine. Cette zone fait entre 2 et 10 mètres d'épaisseur et est orientée approximativement ENE-OSO. La deuxième zone de cisaillement se situe au sud de l'intrusion de Dunraine et est orientée est-ouest. La puissance de cette deuxième zone de cisaillement est difficile à déterminer puisque le secteur est peu affleurant. Les travaux souterrains antérieurs ont par contre permis de déterminer que cette zone de cisaillement possède un pendage d'environ  $70^\circ$  vers le nord et constitue le mur de la zone #4 de la mine Dunraine (Boily, 1980). De petites zones de cisaillement secondaires sont également associées aux contacts lithologiques. La déformation est donc concentrée où les lithologies affichent un contraste de compétence, ce qui implique une partition de la déformation.

### 6.1.3 Linéations

Le plan de schistosité  $S_2$  dans le secteur Dunraine contient une linéation d'étirement marquée par le quartz ( $L_2$ ) ayant une plongée moyenne de  $60^\circ \rightarrow N065^\circ$  (figure 6.1B). Les lames minces orientées qui ont été réalisées perpendiculairement à la schistosité  $S_2$  et parallèlement à cette linéation montrent des indicateurs cinématiques; des cristaux fracturés de plagioclase montrent une texture en étagère à livre (*bookshelf structure*) (planche photographique VI-B) et certaines lames montrent des veines de carbonates déplacées selon la schistosité  $S_2$  (planche photographique VI-C). Les indicateurs de sens de cisaillement suggèrent un mouvement en compression du nord vers le sud, dans le sens de la linéation  $L_2$ . Une faille de chevauchement à vergence sud recoupe d'ailleurs la schistosité  $S_2$  sur le décapage D2 (planche photographique VI-D) et corrobore cette interprétation.

La schistosité  $S_2$  contient également une linéation minérale ( $L_{2,1}$ ) soulignée par l'alignement de micas blancs (i.e. séricite) (planche photographique VI-E). Cette linéation minérale plonge faiblement vers l'ouest avec une valeur moyenne de  $16^\circ \rightarrow N264^\circ$  (figure

6.1B) et est principalement présente dans les zones les plus intensément cisailées, soit dans les zones minéralisées et hydrothermalisées ainsi qu'aux contacts entre les lithologies. Des structures d'entraînement dextre de la schistosité  $S_2$ , visibles en sections parallèles à cette linéation ont été identifiées en affleurement (planche photographique VI-F). Des veines de quartz en échelon (planche photographique VII-A) ont également été observées et confirment le mouvement dextre déduit des structures d'entraînement de  $S_2$ .

#### 6.1.4 Plis $P_2$

De rares plis mineurs  $P_2$  associés à la déformation  $D_2$  ont été identifiés dans les roches volcano-sédimentaires du secteur de Dunraine. Ces plis  $P_2$  sont serrés à isoclinaux et sont caractérisés par un axe de plis moyen de  $40^\circ \rightarrow N250^\circ$  ainsi qu'un plan axial correspondant à la schistosité  $S_2$  (planche photographique VII-B).

#### 6.1.5 Plis en chevron

Les roches du secteur de Dunraine contiennent deux familles de plis dextres et senestres en chevron particulièrement bien développées dans les zones de cisaillement (figure 6.1C et planche photographique VII-C). Les plis dextres ont une attitude moyenne de  $N190^\circ/85^\circ$  et sont mieux développés que les plis senestres qui ont une attitude moyenne de  $N315^\circ/70^\circ$ . La relation angulaire entre le plan axial de ces deux familles de plis en chevron forme un angle obtus de  $120^\circ$  et un angle aigu de  $60^\circ$ , ce qui se rapproche des valeurs théoriques idéales (Ramsay et Huber, 1987). Ramsay et Huber (1987) ont proposé que la contrainte principale ( $\sigma_1$ ) qui forme ce type de plissement est parallèle à la bissectrice de l'angle obtus entre les deux familles de plis (planche photographique VII-D). Les plis en chevrons du secteur de Dunraine sont donc interprétés comme issus d'un épisode de compression parallèle à la schistosité  $S_2$ .

Une crénulation subverticale  $L_3$  d'attitude moyenne  $N350^\circ/75^\circ$  est présente sur le plan de schistosité  $S_2$ , principalement dans les secteurs où la déformation régionale est moins bien

développée (figure 6.1B). Cette crénulation semble génétiquement associée aux plis en chevron et est attribuée au même incrément de déformation.

## 6.2 Veines de quartz

Les veines de quartz présentes dans le secteur de Dunraine forment deux familles distinctes, (1) des veines massives de cisaillement subverticales d'orientation moyenne N260°/90° et (2) des veines d'extension massives ou ayant une texture de « *crack-seal* » subhorizontales d'orientation moyenne N170°/25° (figure 6.1D). Ce système de veines est typique des minéralisations aurifères de la mine Sigma à Val d'Or (Robert et Brown, 1986). Ces veines sont essentiellement composées de quartz avec des quantités variables (moins de 10%) de chlorite, carbonate de fer et tourmaline. Certaines veines contiennent des traces de pyrite et de chalcopryrite mais aucune teneur anormale en or n'a été mesurée. Les relations structurales entre ces deux familles de veines de quartz indiquent que leur formation est pénécontemporaine puisqu'elles se recoupent mutuellement (figure 6.3). Les veines de cisaillement sont boudinées tandis que les veines d'extension forment souvent des plis ouverts à serrés avec une plongée moyenne de 40° vers N250°. La formation de ces veines, dans la région de Val d'Or, est interprétée comme synchrone à tardive par rapport à l'épisode de déformation régionale (figure 6.2A et B) (Neumayr et al., 2000). La linéation d'intersection entre les deux familles de veines de quartz a une attitude moyenne de 25° vers N260° et représente une valeur approximative de l'axe des plis présents dans le secteur de Dunraine (Ramsay, 1980). Des stries de glissement reliées à la déformation D<sub>2</sub> plongeant de 60° vers N075° et perpendiculaires à cette linéation ont été observées sur une veine de quartz du décapage D6, ce qui corrobore la présence des plis.

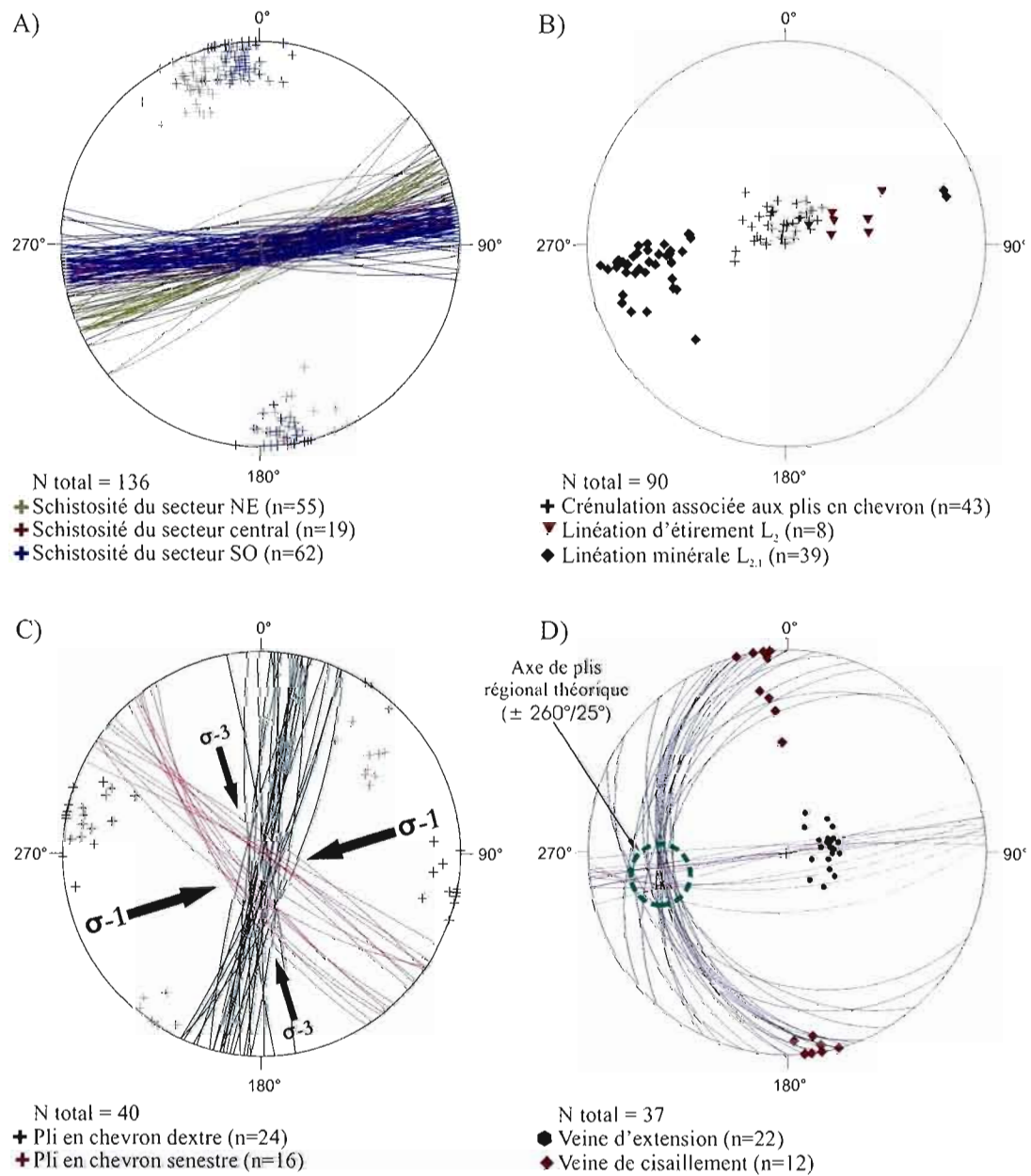
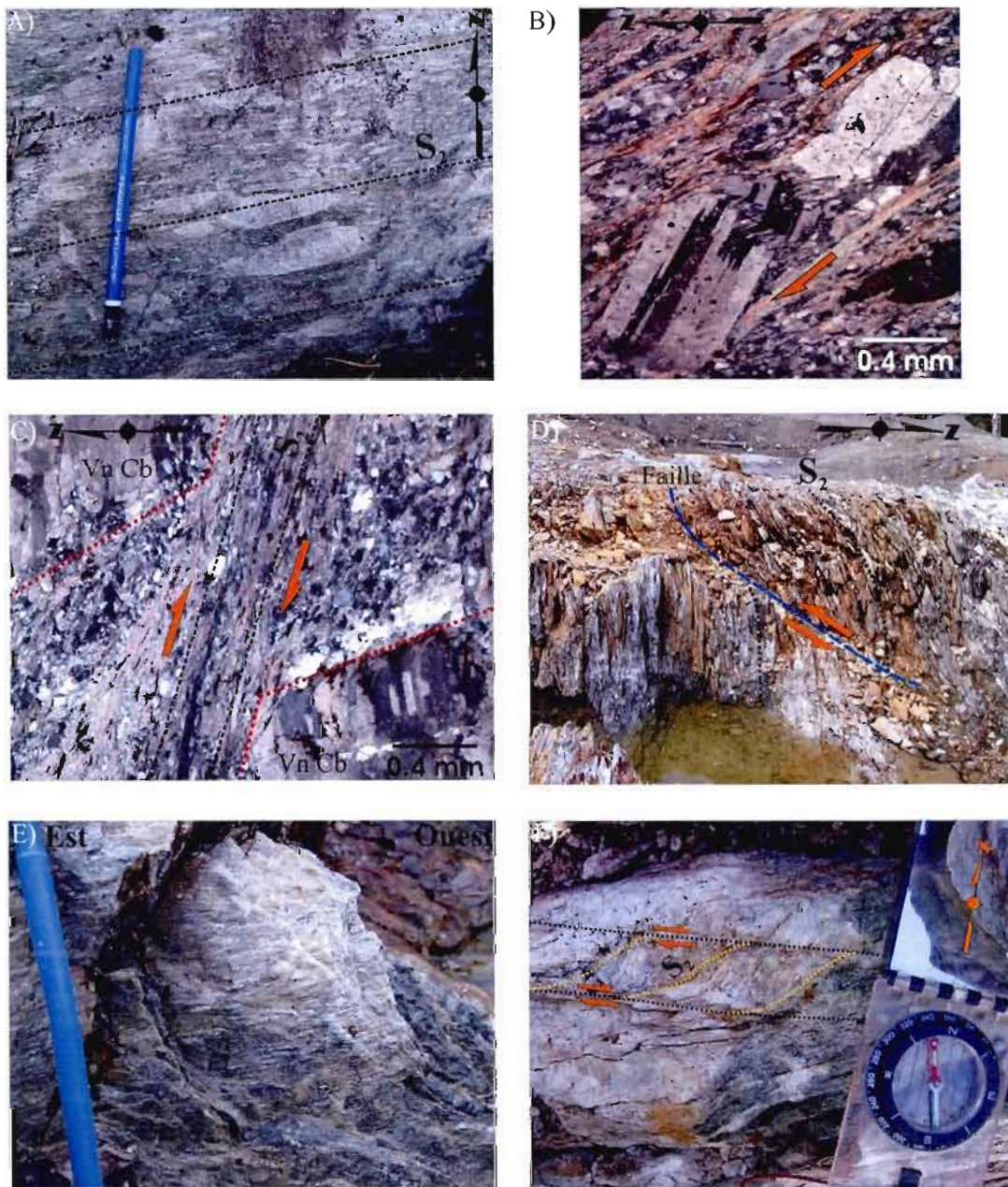


Figure 6.1: A) Stéréonet montrant la schistosité  $S_2$  dans les parties NE, centrale et SO du secteur de Dunrain, B) Stéréonet montrant les linéations  $L_2$ ,  $L_{2.1}$  et la crénulation subhorizontale associée aux plis en chevron dans le secteur de Dunrain, C) Stéréonet montrant les 2 familles de plis en chevron dans le secteur de Dunrain, D) Stéréonet montrant la relation entre les 2 familles de veines de quartz et l'axe de plis régional théorique dans le secteur de Dunrain.



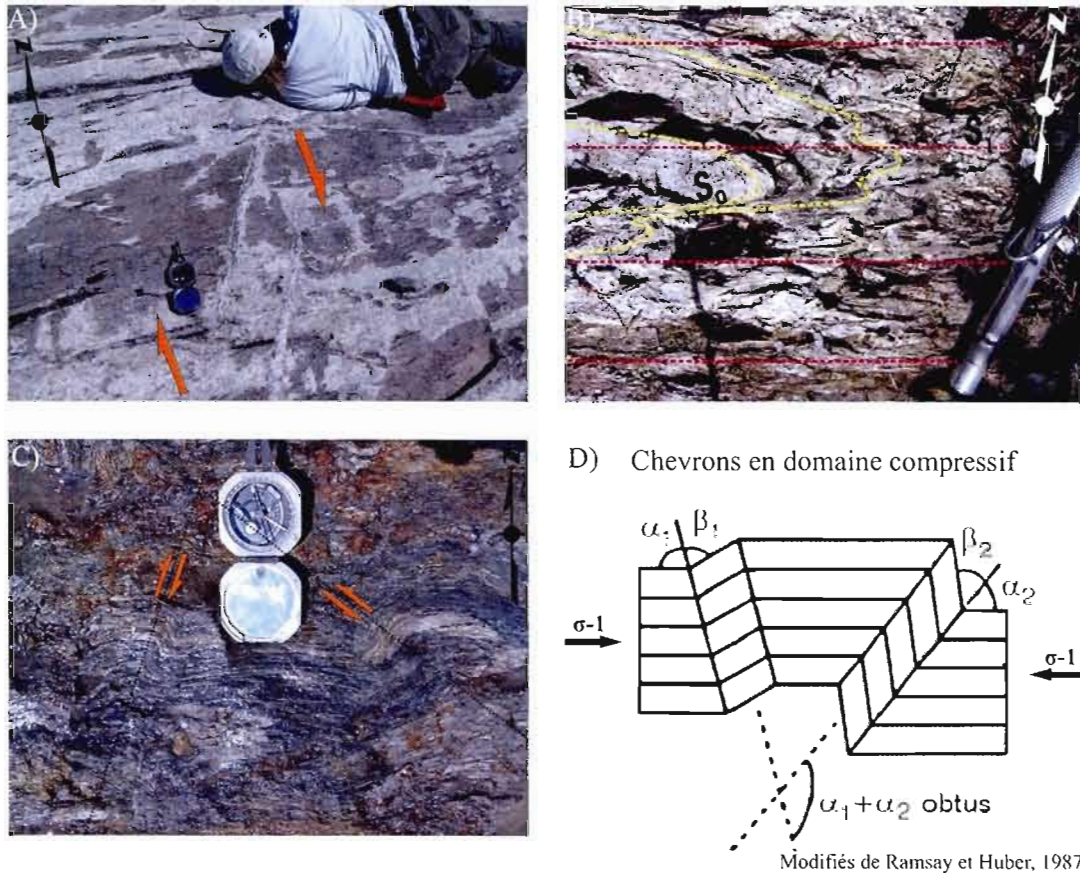
# Planche Photographique VI



A) Tuf à lapillis felsique avec clastes allongés dans la schistosité  $S_2$ , B) Structure en étagère à livre d'un plagioclase orienté parallèlement à la linéation  $L_2$  (lumière transmise polarisée analysée), C) Veine de carbonates déplacée parallèlement à la linéation  $L_2$  (lumière transmise polarisée analysée), D) Faille de chevauchement à vergence  $S$  sur le décapage D2, E) Linéation minérale subhorizontale  $L_{2,1}$  dans le plan de schistosité  $S_2$  sur le décapage D1, F) Structure d'entraînement dextre de la schistosité  $S_2$  dans l'axe de la linéation  $L_{2,1}$  sur le décapage D5.



## Planche Photographique VII



A) Veines en échelon montrant un mouvement dextre sur le décapage D6, B) Pli isoclinal dans des roches volcano-sédimentaires fines, C) 2 familles de plis en chevron dans une zone de cisaillement sur le décapage D6, D) Modèle de formation des plis en chevron.

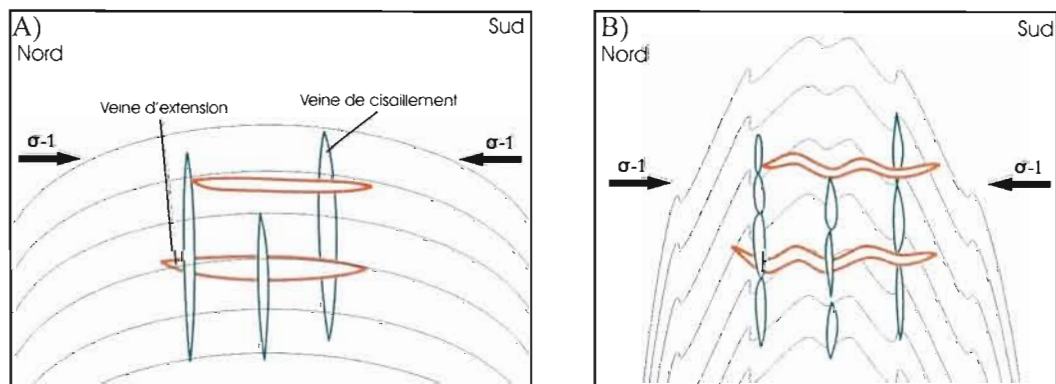


Figure 6.2: Modèle schématique de formation des veines d'extension et de cisaillement pendant la déformation régionale où A) représente la formation précoce des veines d'extension et de cisaillement reliées au plissement régional et B) montre le plissement et le boudinage tardi-tectonique des veines.

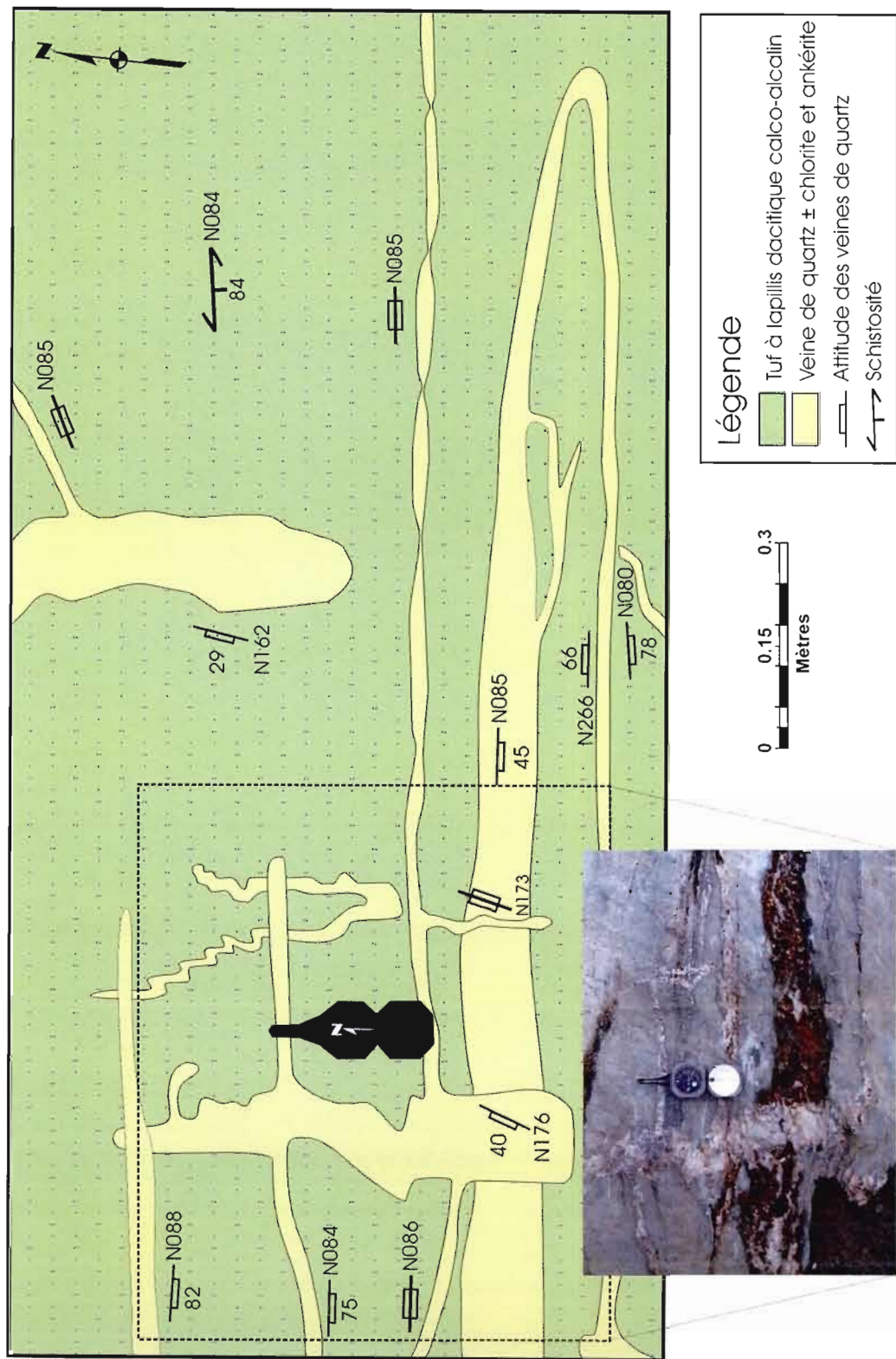


Figure 6.3 : Relation entre les deux différents types de veines de quartz sur le décapage D6.

### 6.3 Chronologie des déformations et interprétations

La cartographie du secteur de Dunraine a permis d'identifier trois incréments de déformation reliés à l'orogène kénoréenne :

- L'incrément de déformation  $D_2$  est caractérisé par une compression nord-sud ayant créée une schistosité de plan axial fortement pentée vers le nord d'orientation est-ouest et une linéation d'étirement  $L_2$  du quartz ayant une orientation moyenne de  $60^\circ$  vers  $N065^\circ$ . Les contacts lithologiques ( $S_0$ ) ainsi que la minéralisation sont transposés dans le plan de schistosité  $S_2$  sur les flancs d'un pli  $P_2$  régional. Les plis  $P_2$  associés à cette phase de déformation sont serrés à isoclinaux et subverticaux avec des axes de plis plongeant de  $25^\circ$  à  $40^\circ$  vers  $N260^\circ$ . La déformation  $D_2$  est également associée à des zones de cisaillement parallèles à  $S_2$ . Ces zones se retrouvent dans l'horizon minéralisé au nord de l'intrusion de Dunraine et, de façon moindre, aux contacts lithologiques.
- Un incrément de déformation  $D_2$  tardif est caractérisé par une linéation minérale  $L_{2,1}$  soulignée par des micas blancs qui a une plongée moyenne de  $16^\circ$  vers  $N264^\circ$ , des structures d'entraînement dextre affectant la schistosité  $S_2$  ainsi que par des veines de quartz en échelon. Cet incrément de déformation est attribuable à un épisode de décrochement dextre qui est focalisé dans, et réactive des zones de cisaillement préexistantes issues de la déformation  $D_2$ .
- Un incrément final de déformation  $D_3$  est caractérisé par deux familles de plis conjugués en chevron d'orientation  $N190^\circ/85^\circ$  et  $N315^\circ/70^\circ$  ainsi que par une crénulation subverticale d'orientation moyenne  $N350^\circ/75^\circ$ . Ces structures représentent un stade final de compression est-ouest relié à l'épisode de décrochement dextre.

L'épisode de déformation  $D_1$  de Desrochers et Hubert (1996) n'est pas reconnu dans le secteur de Dunraine, tout comme dans le reste de la Formation de Val d'Or. Ce phénomène peut s'expliquer 1) par la plus grande compétence des roches intermédiaires à felsiques de la Formation de Val d'Or en comparaison aux roches mafiques et ultramafiques du reste du segment de Malartic, 2) par l'oblitération des caractéristiques de la déformation  $D_1$  par

l'épisode de déformation  $D_2$ , ou 3) tout simplement parce que cet incrément de déformation n'existe pas ou n'est pas développé régionalement.

Les épisodes de déformation  $D_2$  tardif et  $D_3$  semblent pénécontemporains et reliés à un fractionnement de la distribution de la déformation. Il est possible d'observer, dans la même zone de cisaillement, des horizons où la compression est-ouest est accommodée par un système de plis en chevron et d'autres horizons où la déformation est-ouest est accommodée par du cisaillement caractérisé par la linéation minérale  $L_2$ .

Un anticlinal caractérisé par un axe de pli plongeant à environ  $25^\circ$  à  $40^\circ$  vers  $N260^\circ$  et ayant comme plan axial la schistosité  $S_2$  a été identifié sur la base des observations structurales et du recensement des polarités dans les roches du secteur de Dunraine. La trace axiale de cet anticlinal passe par le centre de l'intrusion de Dunraine et se poursuit dans les roches volcanoclastiques dans une charnière de pli située à l'ouest du secteur cartographié (voir carte en pochette).

Une coupe structurale schématique orientée nord-sud a été réalisée à partir des données structurales recueillies au cours du projet ainsi qu'à partir des données antérieures compilées du secteur de Dunraine (figure 6.4 et carte en pochette). Cette coupe met en évidence un anticlinal serré à isoclinal légèrement déversé vers le sud qui a un plan axial défini par l'intrusion de Dunraine et qui est faillé sur son flanc sud. La faille qui recoupe l'anticlinal a une attitude de  $N270^\circ/70^\circ$  et est caractérisée par un chevauchement du nord vers le sud ainsi que par une composante de mouvement dextre qui semble peu importante. Cette faille recoupe la zone 4 de la mine Dunraine et en définit l'éponte inférieure. Il est difficile de faire la corrélation entre les lithologies au sud et au nord de cette faille probablement à cause de mouvements importants le long de cette dernière.



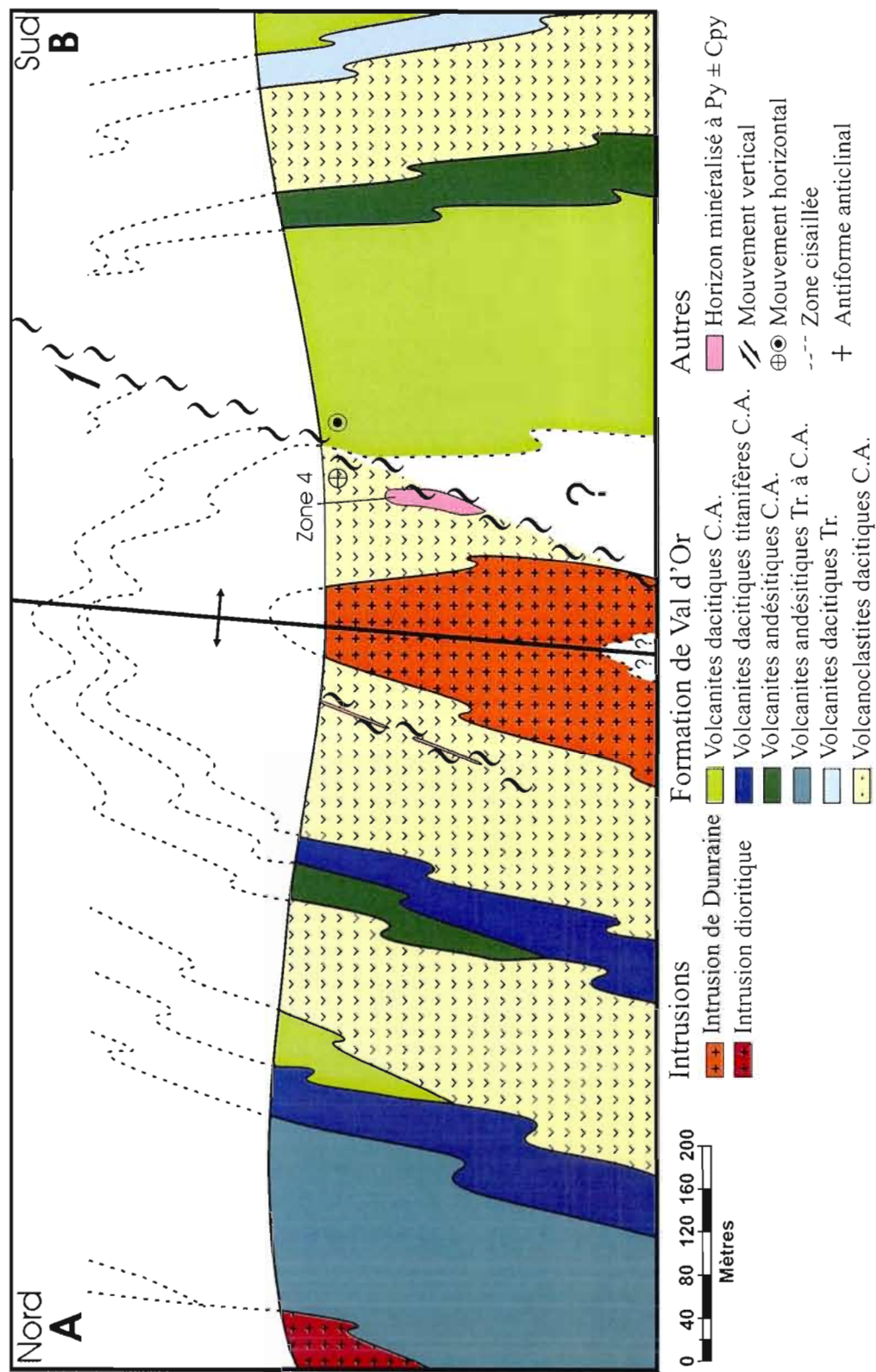


Figure 6.4 : Coupe structurale schématique nord-sud du secteur de Dunraine à la hauteur de la zone 4 de la mine Dunraine.

## **CHAPITRE VII**

### **CARACTÉRISATION DES MINÉRALISATIONS**

#### **7.1 Typologie des minéralisations du secteur de Dunraine**

La minéralisation cartographiée durant cette étude se présente comme un mince horizon de 1 à 10 mètres d'épaisseur (planche photographique VIII-A) mais qui est latéralement continue sur plus de 3,2 km le long de l'intrusion dioritique de Dunraine. Les cinq décapages réalisés par la compagnie Alexis Minerals (i.e. les décapages D1 à D5) ainsi que le décapage D6, se situant sur un ancien site de rejets miniers, suivent cet horizon minéralisé. Une série de rainures recoupant la minéralisation a été effectuée sur les décapages D1 à D5 afin de déterminer les teneurs en cuivre de l'horizon minéralisé. Les meilleurs résultats obtenus pour chaque décapage sont de 0,92% Cu sur 16,2 mètres pour D1, 0,94% Cu sur 2 mètres pour D2, 1,32% Cu sur 2,6 mètres pour D3, 1,07% Cu sur 2,5 mètres pour D4 et 0,82% Cu sur 3,6 mètres pour D5.

La minéralisation est encaissée dans un horizon de roches volcanoclastiques dacitiques de composition calco-alcaline. Les caractéristiques volcaniques primaires de ces roches, qui sont majoritairement des tufs à lapillis et de tufs fins, sont souvent masquées par une forte altération en silice, chlorite et séricite (planche photographique VIII-B) probablement reliée à la mise en place de la minéralisation. Le terme général « roches volcanoclastiques » est donc utilisé dans ce qui suit puisque cette altération rend difficile l'identification précise des différentes lithologies.

La minéralisation retrouvée en affleurement dans le secteur de l'ancienne mine Dunraine, se présente essentiellement sous la forme de veines, de veinules et de dissémination de sulfures avec de rares poches de sulfures semi-massifs. Les principaux minéraux hypogènes présents sont la pyrite, la chalcopryrite et un peu de sphalérite mais les seuls minéraux identifiables à l'œil nu sont par contre la pyrite et la chalcopryrite (planche photographique



VIII-C). Des veines de quartz tardives d'extension (planche photographique VIII-D) et de cisaillement recoupent les lithologies et la minéralisation. Les veines de cisaillement sont boudinées tandis que les veines d'extension sont légèrement plissées, suggérant une origine tardi-tectonique. Les deux types de veines de quartz contiennent de faibles quantités de chalcoppyrite et de pyrite par endroits.

### 7.1.1 Les sulfures et les tellures

L'observation microscopique sous lumière réfléchie de la minéralisation a permis de faire plusieurs constats. Premièrement, les cristaux de pyrite présentent des habitus généralement sub-automorphes à arrondis et contiennent des inclusions d'autres minéraux (i.e. principalement de chalcoppyrite, de sphalérite, de galène et de tellure) (planche photographique VIII-E). Ces caractéristiques sont dues à une recristallisation successive de la pyrite durant le métamorphisme régional (McClay et Ellis, 1983). La recristallisation synmétamorphique prograde a permis de piéger d'autres minéraux et a oblitérée la déformation et les textures primaires des cristaux de pyrite. Les conditions de pression et de température du faciès des schistes verts sont amplement suffisantes pour une telle recristallisation (McClay et Ellis, 1983). Un événement de déformation post-pic métamorphique a ensuite cataclaté et arrondi ces pyrites puisque la déformation de la matrice ductile de minéraux mous (i.e. majoritairement chalcoppyrite, sphalérite et chlorite) entraîne un arrondissement mécanique des pyrites cassantes et compétentes (Larocque et Hodgson, 1995a). Les phénomènes observés ici ne proviennent pas d'une dissociation ou d'une recombinaison des éléments chimiques créée par le métamorphisme puisque les températures atteintes au faciès métamorphique des schistes verts (i.e. environ 350°C à 450°C) sont insuffisantes pour créer de tels événements. Une altération supergène produit par endroits un remplacement en goethite en bordure et dans les fractures des cristaux de pyrite (planche photographique VIII-F).

La chalcoppyrite observée en lames minces est xénomorphe, déformée et se retrouve à plusieurs endroits injectée dans des pyrites cataclasées plus compétentes (planche photographique IX-A). Une texture de type « Durchbewegung » (Marshall & Gilligan, 1989)

est observée en lame mince polie. On observe en effet que les minéraux compétents de la gangue (i.e. quartz) et les pyrites « flottent » dans une matrice de chalcopryrite  $\pm$  sphalérite. Cette texture, lorsqu'elle est fortement développée, donne un aspect de blastomylonite à matrice de sulfures mous tels la chalcopryrite, la sphalérite et la galène. Ce phénomène souligne bien l'intensité de la déformation qu'a subie la minéralisation. Plusieurs petites inclusions de sphalérite, de galène (planche photographique IX-B) et de tellurures sont présentes dans la chalcopryrite. Les relations entre les grains de sphalérite et de chalcopryrite suggèrent que la sphalérite s'injecte dans la chalcopryrite (planche photographique IX-C), ce qui indique qu'au moment de la déformation de la minéralisation, la chalcopryrite était à des conditions de température où elle est plus compétente que la sphalérite. Les études de Kelly et Clark (1975) démontrent qu'à des températures de moins de 320°C (pour une pression de 1000 bars), la sphalérite est moins compétente que la chalcopryrite, et va donc s'injecter plastiquement dans la chalcopryrite (figure 7.1). Finalement, une légère altération supergène produit par endroits un remplacement en bordure et dans les fractures de la chalcopryrite en covellite et en goethite (planche photographique IX-D).

La sphalérite observée est xénomorphe et se présente en inclusions dans la pyrite et la chalcopryrite. La quantité et la grosseur des grains de sphalérite augmentent significativement d'est en ouest dans l'axe de la zone minéralisée. En effet, aucun grain de sphalérite n'a été identifié dans la zone 6 (i.e. décapage D5) tandis que les décapages D1 à D4 contiennent de la sphalérite en traces d'une grosseur de l'ordre de 10 à 40  $\mu\text{m}$  de diamètre, alors que les grains de sphalérite du décapage D6 ont une taille de l'ordre de 75 à 200  $\mu\text{m}$  et constituent approximativement 1% de la minéralisation. Cette différence dans la dimension et la quantité de sphalérite est possiblement le résultat d'une zonation minéralogique primaire à l'intérieur du gîte (Franklin et al., 2005; Ohmoto, 1996). Plusieurs sphalérites montrent des inclusions de chalcopryrite en bordure des grains (planche photographique IX-F), une caractéristique connue sous le nom de « *chalcopryrite disease* » (Barton et Bethke, 1987) et interprétée par plusieurs comme résultant de l'exsolution du cuivre contenu dans la sphalérite au moment de sa cristallisation. Barton et Bethke (1987) ont cependant démontré que certains types d'« exsolution » sont plutôt reliés à un remplacement provoqué par l'interaction du fer contenu dans la sphalérite avec des fluides chlorurés riches en cuivre (Bortnikov et al., 1991).

Les textures observées dans le secteur de Dunraine semblent liées à un phénomène de remplacement plutôt que d'exsolution. En effet, les inclusions de chalcopryrite ne sont pas distribuées uniformément dans les grains de sphalérite, ont des formes irrégulières et ne suivent pas les plans cristallographiques ou les clivages des cristaux de sphalérite. Par contre, certaines observations mettent en doute la nature primaire ou de remplacement des inclusions puisqu'on observe par endroits une bréchification *in-situ* de la chalcopryrite. Cette bréchification semble créée par l'injection de la sphalérite dans la chalcopryrite plus compétente durant la déformation (cercle bleu, planche photographique IX-F). Un processus d'origine mécanique pourrait donc également expliquer les textures de type « *chalcopryrite disease* » observées, bien que rien n'empêche que le phénomène de remplacement ait aussi eu lieu.

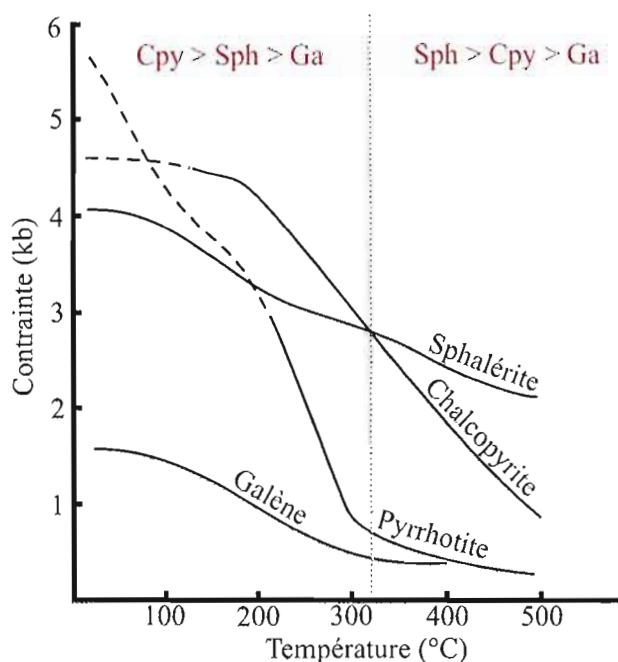


Figure 7.1 : Compétence relative de la chalcopryrite, de la sphalérite, de la pyrrhotite et de la galène en fonction de la température à une pression constante de 1000 bars. Modifiée de Kelly et Clark, 1975.

De petites quantités de galène et de tellurures de bismuth et d'argent parfois aurifères (planche photographique X-A) ont également été identifiées en microscopie sous lumière réfléchie. Des analyses à la microsonde et au microscope électronique à balayage ont été réalisées sur ces minéraux afin d'en confirmer la nature exacte (appendice B). Ces minéraux se présentent sous forme d'inclusions dans la pyrite et la chalcopryrite atteignant jusqu'à 75  $\mu\text{m}$  de grosseur. Ces minéraux sont facilement remobilisables et sont injectés dans les cristaux de pyrite et chalcopryrite plus compétents durant la déformation. La galène se retrouve habituellement sous forme de petites inclusions isolées tandis que les tellurures de bismuth et d'argent sont toujours associés. La texture coalescente (planche photographique X-A), développée entre les deux types de tellurures, suggère une démixture de la phase riche en bismuth par rapport à la phase riche en argent durant la cristallisation. L'association entre les tellurures et l'or indique probablement un apport magmatique dans les fluides hydrothermaux minéralisateurs (Dubé et al., 2009).

Il semble exister une association spatiale entre la minéralisation aurifère sous forme d'électrum et un sulfure de cadmium, soit la greenockite (formule chimique idéale:  $\text{CdS}$ ) (planche photographique X-B). Cette association est possiblement liée à la faible compétence de ces deux minéraux puisque les deux sont ductiles et s'injectent donc facilement dans la pyrite. La greenockite, qui est zincifère dans les minéralisations du secteur de Dunraine, est communément associé aux gîtes contenant de la sphalérite ou de la galène. Mogessie et al. (2009) ont identifié trois types de greenockite sur la base de leur composition et mode de formation. Les greenockites du secteur de Dunraine contiennent de 13 à 18% Zn et de 0,3 à 1,2% Fe (appendice B), ce qui en fait des greenockites de type deux selon Mogessie et al. (2009). Ce type de greenockite se forme à partir de la dissolution partielle et le remplacement de grains de sphalérite contenant du cadmium; cette altération hypogène étant probablement le résultat d'une surimpression de la paragenèse minérale primaire par des fluides hydrothermaux tardifs. La teneur élevée en cadmium des grains de sphalérite analysés (1,3 à 1,4% Cd; appendice B) supporte une telle hypothèse.

### 7.1.2 Les veines de quartz et la minéralisation aurifère

Il existe deux familles de veines de quartz dans le secteur de Dunraine, une première parallèle à la schistosité régionale et boudinée formant des veines de cisaillement orientées ENE-OSO avec des pendages abrupts vers le nord, et une seconde constituée de veines d'extension orientées NNO-SSE ayant des pendages de 20° à 30° vers l'ESE. Ces deux réseaux de veines sont pénécontemporains et sont constitués de quartz avec des quantités mineures de carbonates de fer, de tourmaline, de chlorite et, plus rarement, de pyrite et de chalcopryrite. Les veines contenant des sulfures se trouvent principalement à proximité des zones contenant de la minéralisation volcanogène, mais celles-ci ne contiennent pas de teneurs significatives en or ou en argent (appendice C). Les veines de quartz recoupent les lithologies et les minéralisations sulfurées et remobilisent les sulfures, principalement la chalcopryrite, durant la déformation régionale (planche photographique X-C). Puisque ces veines ne contiennent aucune valeur significative en or et en argent et que les minéralisations sulfurées en contiennent, il est peu probable que l'or retrouvé dans les minéralisations sulfurées du secteur de Dunraine soit de type orogénique. Une origine synvolcanique serait plus plausible pour expliquer sa provenance.

Certaines veines de quartz d'extension présentent plusieurs phases de croissance. L'observation au microscope d'une veine à quartz-tourmaline-carbonates de fer (lame polie D6-J) a permis d'identifier au moins 3 phases, soient 1) une première phase constituée exclusivement de quartz grossier ne contenant pas de minéralisation, 2) une seconde phase qui bréchifie la première et qui est constituée majoritairement de carbonates de fer, et 3) une dernière phase constituée de quartz fin et de tourmaline de type schorl recoupant les phases précédentes et qui est porteuse de la minéralisation à chalcopryrite et pyrite (planche photographique X-D). Le tout semble s'effectuer sous contrainte puisque les quartzs présentent des extinctions roulantes et la calcite montre des macles en « kinks » courbées (planche photographique X-E) et la chalcopryrite est en remplissage de fractures dans le quartz.

Les gîtes du secteur Dunraine ne contiennent pas de grandes quantités d'or. La concentration en or de la zone minéralisée au nord de l'intrusion de Dunraine atteint à son maximum 0.4 ppm sur 1.5 mètre avec une valeur moyenne d'environ 0.04 ppm. En microscopie, l'or se retrouve principalement sous la forme de tellure et d'électrum injectés dans des pyrites cataclasées (planche photographique X-B). Les analyses à la microsonde ont permis de déterminer une composition moyenne de 60% Au et 40% Ag pour l'électrum (appendice B).

Plusieurs études ont démontré que l'or contenu dans certains SMV archéens de l'Abitibi est d'origine synvolcanique et non d'origine orogénique (Larocque et al., 1995b; Tourigny et al., 1993; Mercier-Langevin, 2005)). Les études effectuées à la microsonde par Larocque et al. (1995b) sur les sulfures du SMV de la mine Moberly ont permis de montrer que des sulfures primaires relativement riches en or ont libéré le métal précieux par recristallisation et libération mécanique durant le métamorphisme et la déformation régionale. Par ailleurs, les travaux de Tourigny et al. (1993) confirment l'origine synvolcanique de l'or à la mine Bousquet 2, malgré l'absence de sulfures primaires dans le gisement. Cette interprétation est principalement basée sur 1) l'absence d'altération aurifère typique et de veines de quartz-carbonate  $\pm$  tourmaline, 2) la présence d'or et de sulfures mous aux contacts à 120° des pyrites recristallisées, indiquant une concentration mécanique *in-situ* de l'or, 3) la présence de métaux de base tels que le cadmium, le cuivre et l'étain suggèrent la présence d'un dépôt volcanogène polymétallique et 4) la présence d'une zone d'altération peralumineuse discordante à andalousite, représentant une cheminée d'altération hydrothermale.

La minéralisation en or du secteur de Dunraine présente plusieurs des caractéristiques énumérées ci-dessus : 1) l'or se retrouve associé aux veines et veinules de pyrite et de chalcopryrite synvolcaniques, 2) malgré la présence de veines à quartz-carbonates  $\pm$  tourmaline, ces dernières ne sont pas aurifères (i.e. moyenne de 32 ppb Au) et ne peuvent donc pas être reliées à l'or, 3) la présence de sulfures de cadmium (greenockite), de tellures, de sphalérite, de galène et de chalcopryrite suggère que nous sommes en présence d'un dépôt de sulfures volcanogènes polymétalliques plutôt que d'un système minéralisateur aurifère orogénique typique, et 4) la présence de minéraux tels la chlorite magnésienne et la



cordiérite dans la zone fortement altérée permet d'inférer l'existence d'une altération hydrothermale synvolcanique.

Il est impossible de déterminer si l'or se présentait sous une forme libre ou piégée dans les sulfures avant l'épisode de déformation et de métamorphisme puisque la totalité des sulfures montrent des textures de recristallisation et/ou de remobilisation qui oblitèrent leurs caractéristiques primaires. Plusieurs études menées sur des SMV aurifères archéens peu déformés montrent par contre que la pyrite, et parfois l'arsénopyrite et la chalcopyrite, sont porteuses de l'or (Larocque et al., 1995b; Healy et Petruk, 1990). Les grains d'électrum mesurent jusqu'à 0,1 mm de diamètre dans le secteur de Dunraine et une agglutination mécanique est envisageable.

## **7.2 Altérations reliées à la minéralisation**

Les profils lithogéochimiques d'altération réalisés à l'aide du programme NORMAT de Piché et Jébrak (2004), et décrit au chapitre IV, ont été validés sur le terrain et au microscope; en effet, les zones d'altérations déterminées à partir des ratios normatifs de certains minéraux d'altération semblent être d'une précision plus que convenable. La technique fait ressortir un axe d'altération en chlorite, séricite et pyrophyllite qui suit la bande minéralisée des zones 2, 2 Ouest, 4 et 6 (voir chapitre V). Sur le terrain, l'altération est fortement développée et limitée à une zone se situant près de la minéralisation. Les roches volcanoclastiques qui encaissent la minéralisation montrent un enrichissement marqué en chlorite magnésienne et en séricite alors que les roches distales se situant à plus de 10 mètres de la zone minéralisée sont plutôt fraîches. La zone altérée a une épaisseur variable atteignant au plus 10 mètres de part et d'autre de la minéralisation. Au microscope, les roches volcanoclastiques altérées montrent une mésostase fine à séricite, quartz et chlorite grise. Les clastes sont pour leur part composés de chlorite grise et de cristaux de quartz grenus.

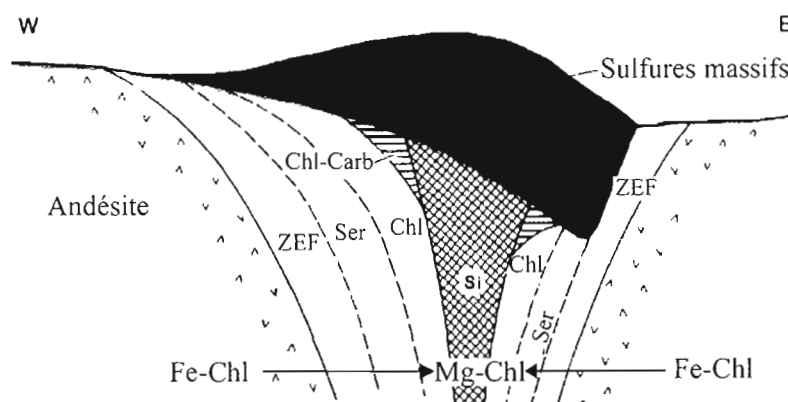
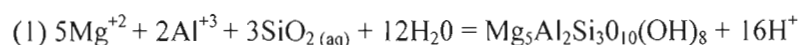


Figure 7.2 : Schéma des altérations reliées à la cheminée d'altération sous-jacente du gisement de type SMV Hellyer, Tasmanie. ZEF- Zone d'enveloppe des filons; Ser - Séricite; Chl - Chlorite; Si - Silice. Modifiée de Gemmell et Large, 1992.

La zone minéralisée montre pour sa part une forte altération en silice et chlorite; les veinules de sulfures et les sulfures disséminés sont en effet encaissés dans une gangue de quartz et de chlorite magnésienne. Les textures d'intercroissance entre la chalcoppyrite et la chlorite magnésienne indiquent que la minéralisation est pénécotemporaine de l'altération hydrothermale (planche photographique IX-E). Une zonation de l'altération hydrothermale est identifiable puisque : 1) la séricite est le minéral d'altération dominant dans les parties altérées distales à la minéralisation, 2) la chlorite magnésienne est le minéral d'altération principal à proximité de la minéralisation et 3) la chlorite magnésienne et la silice sont les minéraux d'altération qui accompagnent les sulfures. Cette zonation de l'altération hydrothermale s'apparente à celle des cheminées d'altération de certains gîtes de sulfures massifs volcanogènes australiens (Gemmell et Large, 1992) (figure 7.2) et japonais (Ohmoto, 1996) qui se traduit par un pourtour riche en séricite, une zone intermédiaire à chlorite magnésienne et un centre fortement silicifié. La zone minéralisée au nord de l'intrusion de Dunraine ne montre cependant pas une zonation aussi nette mais on observe des variations d'altération d'un pourtour séricitisé et chloritisé à un centre silicifié et chloritisé. La composition des chlorites varie fortement par rapport au degré d'altération de la roche et à la distance de la zone minéralisée (voir section 5.3). En effet, les chlorites de la roche « fraîche » possèdent des ratios  $Fe/(Fe + Mg)$  d'environ 0,70 alors que pour les chlorites associées à la minéralisation, ce ratio est d'environ 0,20. Ces valeurs sont similaires à celles

définies par Larson (1984) pour les chlorites de la cheminée d'altération du SMV de Bruce, en Arizona (i.e. ratio  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$  de 0,8 dans les roches fraîches et de 0,3 dans les zones les plus altérées situées sous le gisement). Ces résultats suggèrent que les fluides hydrothermaux à l'origine de la minéralisation sont issus de l'eau de mer (figure 7.3) et que les chlorites magnésiennes se sont formées par la réaction suivante (Larson, 1984) :



Les variations de pH et de la quantité de Mg disponible en solution permettent également d'expliquer la précipitation de séricite aux dépens de la chlorite magnésienne dans les secteurs plus distaux par rapport à la minéralisation. La chlorite ferrifère des zones non altérées a une composition correspondant bien à celle de chlorites retrouvées dans des roches felsiques à intermédiaires portées au faciès métamorphique des schistes verts inférieur puisque, selon Zane et al. (1998), ces chlorites métamorphiques ont toujours des ratios  $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$  supérieurs à 0,5. Finalement, la forte silicification associée à la minéralisation est reliée à un lessivage de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  dû au passage de fluides hydrothermaux.

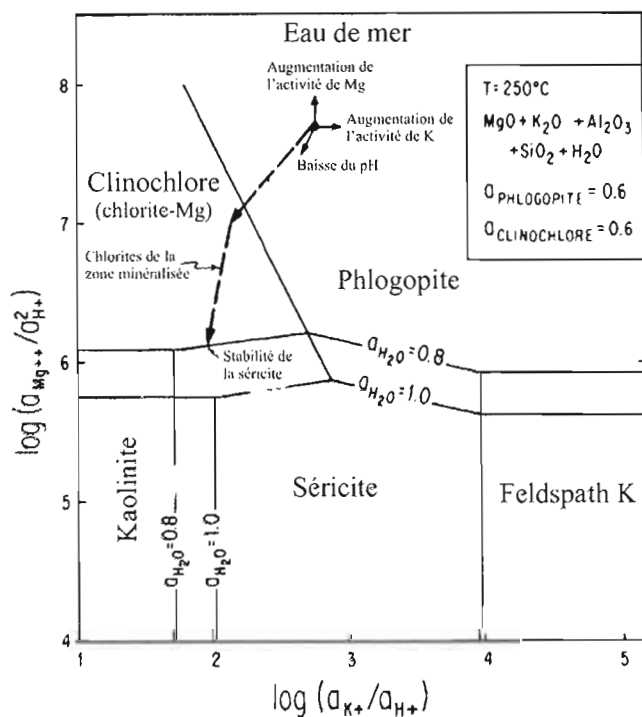


Figure 7.3 : Diagramme de stabilité des phases dans le système  $\text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  à  $250^\circ\text{C}$  qui permet de visualiser l'évolution des fluides hydrothermaux et la création de chlorite et/ou de séricite. Modifiée de Larson, 1984.

Une analyse à la microsonde des minéraux silicatés a été conduite sur les roches de la zone la plus altérée et non-minéralisée du décapage D1. Cette roche est typiquement caractérisée par une mésostase fine à séricite et quartz et des clastes fortement chloritisés donnant un aspect de peau de truite mouchetée à la roche. Outre la séricite, le quartz et la chlorite magnésienne, de très petits (moins de 25µm) cristaux de cordiérite sont présents. Les cordiérites sont xénomorphes et montrent des contacts irréguliers avec la mésostase de séricite-chlorite-quartz (planche photographique X-F). Ces cristaux semblent d'origine pré-tectonique puisque la schistosité se moule sur les cordiérites. La cordiérite métamorphique apparaît généralement au faciès des granulites à des températures de plus de 700°C (Winter, 2001). Plusieurs occurrences de cordiérite ont cependant été répertoriées dans des zones d'altération hydrothermale sous-jacentes à des gisements de type de SMV, tant en Abitibi (faciès des schistes verts : Shriver et MacLean, 1993; Riverin et Hodgson, 1980) qu'en Australie (faciès des amphibolites et des granulites : Yeats et Groves, 1998; Mullholland, 1990). Des assemblages à cordiérite et anthophyllite, typiquement appelés dalmatianites par les mineurs, sont présents dans le camp minier de Rouyn-Noranda (Shriver et MacLean, 1993) et sont attribués à un métamorphisme de contact, créé par la mise en place d'un pluton synvolcanique, qui s'est développé dans les roches altérées et peralumineuses (i.e. quartz-séricite-chlorite-albite) de la cheminée d'altération hydrothermale des SMV (Riverin et Hodgson, 1980). La cordiérite de la zone d'altération dans le secteur de Dunraine pourrait aussi provenir d'un métamorphisme de contact puisqu'elle est située à moins de 100 m de la bordure de l'intrusion de Dunraine, mais il n'y a cependant pas d'anthophyllite. Ceci pourrait être expliqué par du métamorphisme rétrograde ayant transformé la plupart des cordiérites et la totalité de l'anthophyllite en quartz et chlorite. Quoiqu'il en soit, la présence de ce minéral vient soutenir l'hypothèse d'une origine synvolcanique de la minéralisation du secteur de Dunraine.

### **7.3 Origine exhalative ou remplacement?**

Les modèles classiques expliquant la formation de sulfures massifs volcanogènes soutiennent que le dépôt des sulfures se fait sur un fond océanique par précipitation de fluides hydrothermaux exhalatifs (Franklin et al., 2005; Ohmoto, 1996; Large, 1992; Solomon et

Walsh, 1979). De plus en plus d'études montrent par contre que certains SMV sont, en partie ou totalement, formés par remplacement dans des unités volcaniques et sédimentaires marines perméables (Doyle et Allen, 2003; Mercier-Langevin, 2005). Doyle et Allen (2003) ont ainsi établi une série de critères permettant de distinguer ces deux types de minéralisation. La minéralisation de remplacement devrait idéalement : 1) contenir des reliques de la roche encaissante, 2) montrer des faciès indiquant un dépôt rapide de la roche encaissante et 3) préserver un front de remplacement sulfures – roche encaissante. Une discordance entre la minéralisation et les roches encaissantes, de même que la présence d'une intense altération dans les roches situées stratigraphiquement au dessus la minéralisation sont d'autres indices d'une origine par remplacement.

Les minéralisations du secteur de Dunraine semblent appartenir au groupe des SMV de remplacement tout comme les autres SMV de la Formation de Val d'Or et les SMV du camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde (Gaboury et Pearson, 2008; Mercier-Langevin, 2005). La zone minéralisée ne se situe pas au contact entre deux lithologies distinctes mais plutôt à l'intérieur d'une même unité de roches volcanoclastiques de composition homogène et qui encaisse d'ailleurs les lentilles historiquement exploitées. De plus, l'altération en chlorite, séricite et silice accompagnant la minéralisation se retrouve autant dans l'éponte inférieure que dans l'éponte supérieure des zones cuprifères et un front de remplacement hydrothermal est présent dans les roches volcanoclastiques dacitiques encaissant la minéralisation. Des géodes de dégazage contenant de la chalcopryrite et de la pyrite sont présentes dans les roches de la zone minéralisée et indiquent que les fluides minéralisateurs ont percolé dans ces roches après leur dépôt. Les minéralisations observées dans le secteur de Dunraine sont donc probablement de remplacement ou bien tout simplement une zone de griffon sous-jacente à un SMV. La grande étendue latérale de la minéralisation (i.e. plus de 3 km est-ouest) ainsi que sa distribution spatiale concordante et stratoïde suggère par contre une origine par remplacement stratigraphique.

Les intrusions subvolcaniques sont souvent interprétées comme le moteur thermique des systèmes hydrothermaux formant les minéralisations de type SMV (Franklin et al., 2005; Galley, 1993). La distribution des minéralisations de type SMV dans le camp minier de

Matagami s'apparente à celle du secteur Dunraine. L'intrusion synvolcanique du Complexe de la rivière Bell est considéré comme la source de chaleur ayant permis la circulation des fluides hydrothermaux dans le camp de Matagami (Carr et Barrie, 2008). Cette intrusion est située dans l'axe d'un anticlinal est-ouest et les minéralisations sont distribuées de part et d'autre de ce pli (figure 7.4A). L'intrusion de Dunraine marque aussi un axe d'anticlinal et les minéralisations se distribuent également à proximité de cette intrusion de part et d'autre du pli (figure 7.4B). Il est donc probable que le moteur thermique ayant permis la circulation des fluides minéralisateurs dans le secteur de Dunraine soit l'intrusion synvolcanique. La dimension de l'intrusion de Dunraine est cependant beaucoup plus petite que celle du Complexe de la rivière Bell (i.e. 2 à 5 km d'épaisseur pour le gabbro de la rivière Bell versus 200 à 500 mètres pour l'intrusion de Dunraine). Puisque l'intrusion de Dunraine est beaucoup moins volumineuse que celle de Matagami, la quantité de chaleur disponible et la durée du système hydrothermal y ont été possiblement moins importantes (Cathles, 1981; Cathles et al., 1997). Ces facteurs expliquent peut être la petite taille et la faible teneur des dépôts du secteur de Dunraine.

#### **7.4 Relations entre la minéralisation et la déformation régionale**

Une étude détaillée de la relation entre la minéralisation et les structures régionales a été effectuée afin d'évaluer si nous sommes en présence d'un gîte d'origine synvolcanique ou orogénique et de déterminer le potentiel cuprifère en profondeur.

Les veines et veinules de sulfures montrent des orientations généralement parallèles à sub-parallèles à la schistosité  $S_2$  qui est réfractée à travers ces veinules et veines qui sont moins compétentes que la roche hôte. Cette relation implique que ces veines minéralisées se soient formées avant la déformation  $D_2$ . Une forte transposition des minéralisations dans le plan  $S_2$  explique le parallélisme généralisé de ces structures. La déformation des veines les plus épaisses et des zones de sulfures massifs à semi-massifs montrent aussi des phénomènes de bréchification tectonique; des fragments de roche encaissante étant incorporés dans les sulfures. Ces clastes ne sont pas ou peu déformés comparativement à la roche encaissant la minéralisation sulfurée. La bréchification semble donc s'être effectuée durant les stades



précoces de la déformation régionale ou alors durant la circulation des fluides hydrothermaux synvolcaniques. Cette bréchification peut s'expliquer par un fort contraste d'anisotropie dans les zones à sulfures; le contraste de compétence entre ces sulfures et les volcanoclastites felsiques encaissantes entraînant la bréchification de la roche-hôte. Les fragments piégés dans la matrice de sulfures deviennent alors « protégés » de la déformation.

L'horizon minéralisé est limitée aux roches volcanoclastiques felsiques et est, par conséquent, de nature stratiforme puisqu'il ne recoupe pas la stratification régionale. Ceci signifie qu'aucune remobilisation des sulfures dans des couloirs de déformation importants n'a été identifiée (sauf une remobilisation *in-situ* de l'or au sein même de la minéralisation sulfurée), ce qui montre encore une fois la nature synvolcanique de la minéralisation. Boily (1981) présente une cartographie de la minéralisation sur d'anciens affleurements autour des zones 2 Ouest et 4 qui n'existent plus ainsi qu'une compilation de données sur les deux exploitations souterraines. Ses travaux montrent que la zone minéralisée d'orientation est-ouest située au nord de l'intrusion de Dunraine tourne vers le sud à l'extrémité ouest de l'intrusion et se retrouve aussi sur la bordure sud de l'intrusion. Les galeries de mine situées entre les puits de la zone 2 Ouest et 4 suivaient cette zone minéralisée et suggèrent l'existence d'un pli d'orientation est-ouest dont le cœur est occupé par l'intrusion de Dunraine, ce qui est conséquent avec l'anticlinal dont il est question au chapitre VI et qui souligne encore une fois la nature synvolcanique de la minéralisation.

Sous des conditions de températures de 350° C à 500° C, les sulfures ont tendance à se déformer facilement et à se remobiliser (Marshall et Gilligan, 1993), entraînant parfois la reconcentration de la minéralisation dans des zones de cisaillement ou des charnières de plis. Les minéralisations du secteur Dunraine sont situées sur les flancs d'un anticlinal subvertical, serré à isoclinal, ayant une plongée axiale vers l'ouest plongeant à environ 30°. Il est probable que la charnière de cet anticlinal contienne aussi une quantité appréciable de minéralisation. Cette zone présente donc un potentiel de minéralisation qu'il serait intéressant de vérifier par des forages nord-sud recoupant les flancs du pli. Les zones de cisaillement bordant l'intrusion de Dunraine au sud et au nord sont également intéressantes pour

l'exploration puisque les sulfures auraient pu facilement s'y reconcentrer durant la déformation régionale.

L'amplitude du déplacement dextre dans le secteur à l'étude ne semble pas très importante (voir chapitre 6). Cette déformation n'aura donc pas beaucoup d'effet sur la distribution et la géométrie des minéralisations. Les linéations d'étirement observées dans le plan de schistosité montre plutôt que le mouvement principal est caractérisé par une compression nord-sud. Les minéralisations auront donc tendance à être étirées de manière subverticale, tout comme dans le camp minier de Doyon-Bousquet-LaRonde (Mercier-Langevin et al., 2007b).

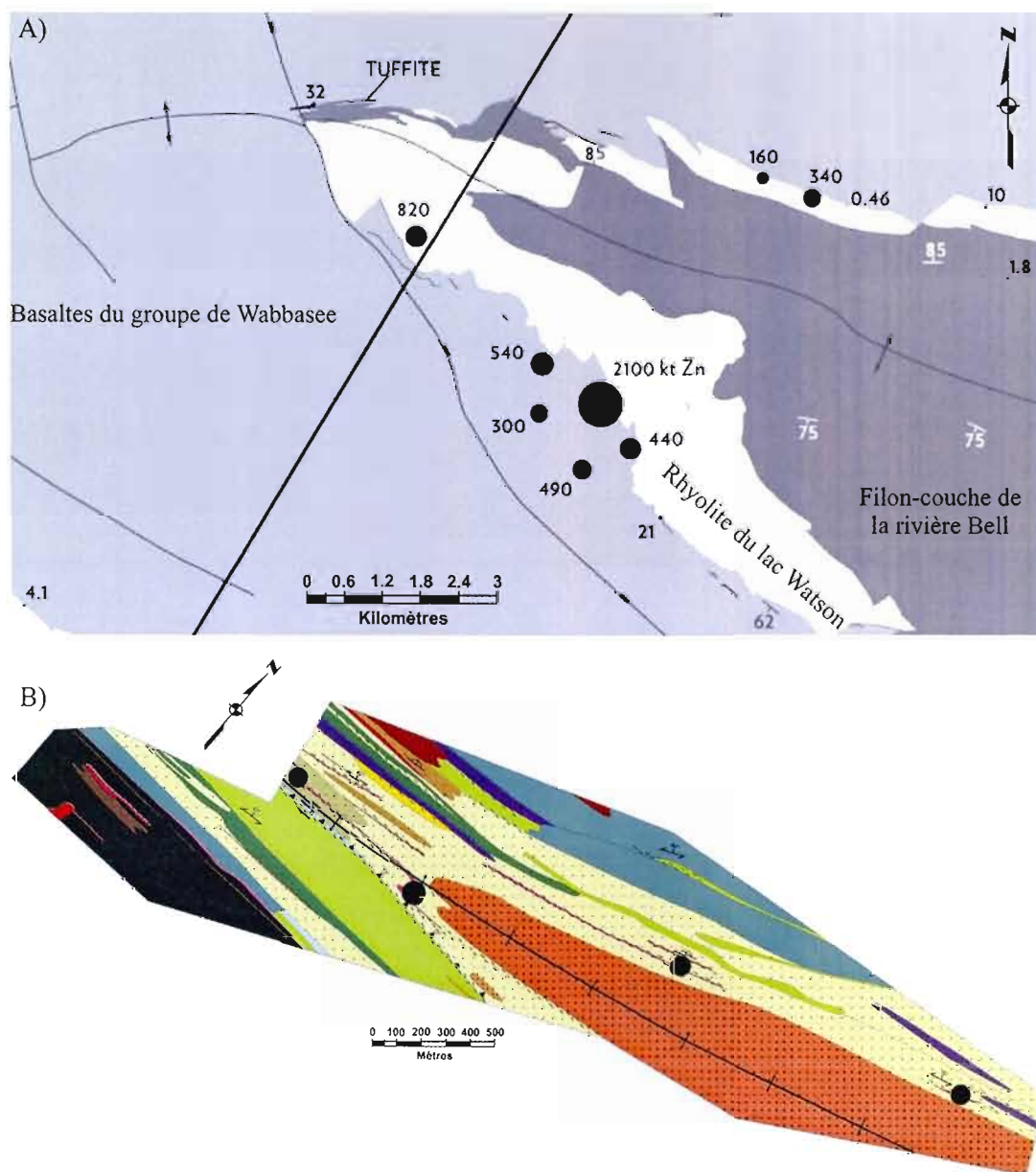
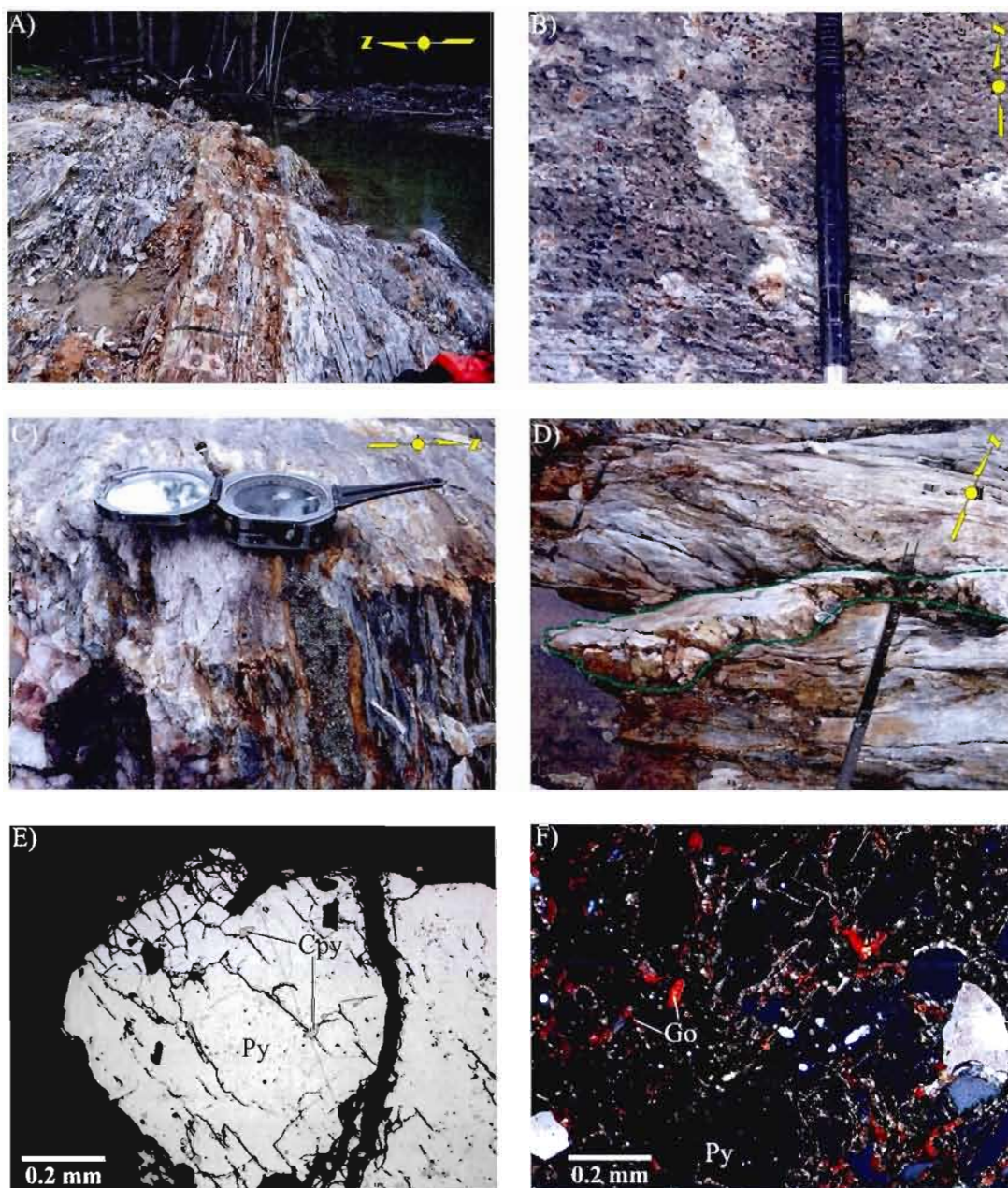


Figure 7.4 : Distribution spatiale (cercles noirs) des minéralisations de type SMV : A) du camp minier de Matagami (modifié de Carr et Barrie, 2008), B) du secteur de Dunrain (voir carte en pochette pour la légende détaillée).



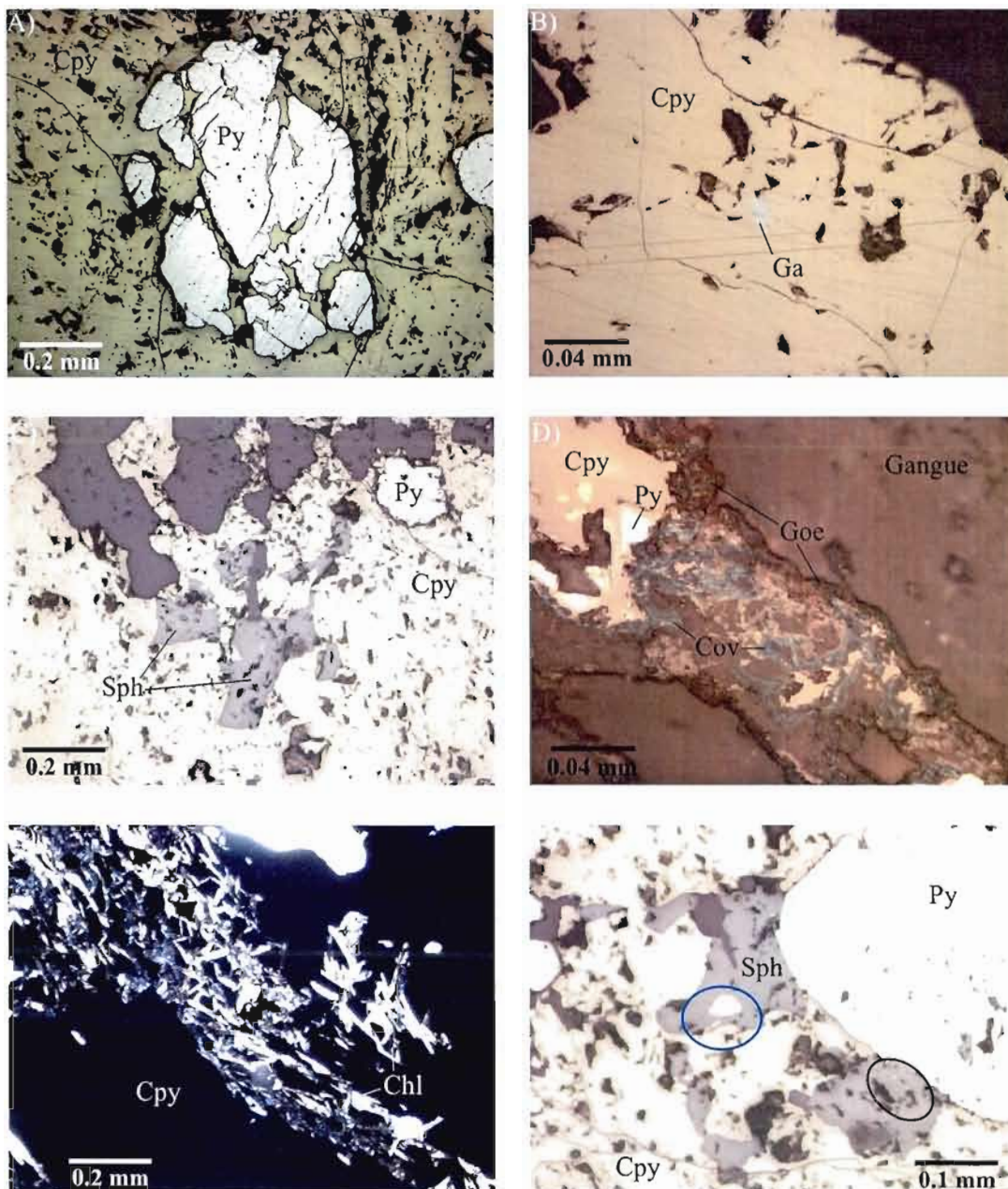
# Planche Photographique VIII



A) Horizon minéralisé à pyrite et chalcoppyrite au nord de l'intrusion de Dunraine (décapage D2), B) Roche volcanoclastique fortement altérée en chlorite et en séricite sur le décapage D3, C) Vue en coupe d'une veine centimétrique de Py et de Cpy transposée dans la schistosité sur le décapage D1, D) Veine de quartz d'extension subhorizontale contenant de la pyrite et de la chalcoppyrite sur le décapage D1, E) Pyrite subautomorphe légèrement cataclasée contenant des inclusions de chalcoppyrite (lumière réfléchie polarisée non-analysée), F) Altération supergène en goethite des bordures et des fractures de la pyrite (lumière réfléchie polarisée).



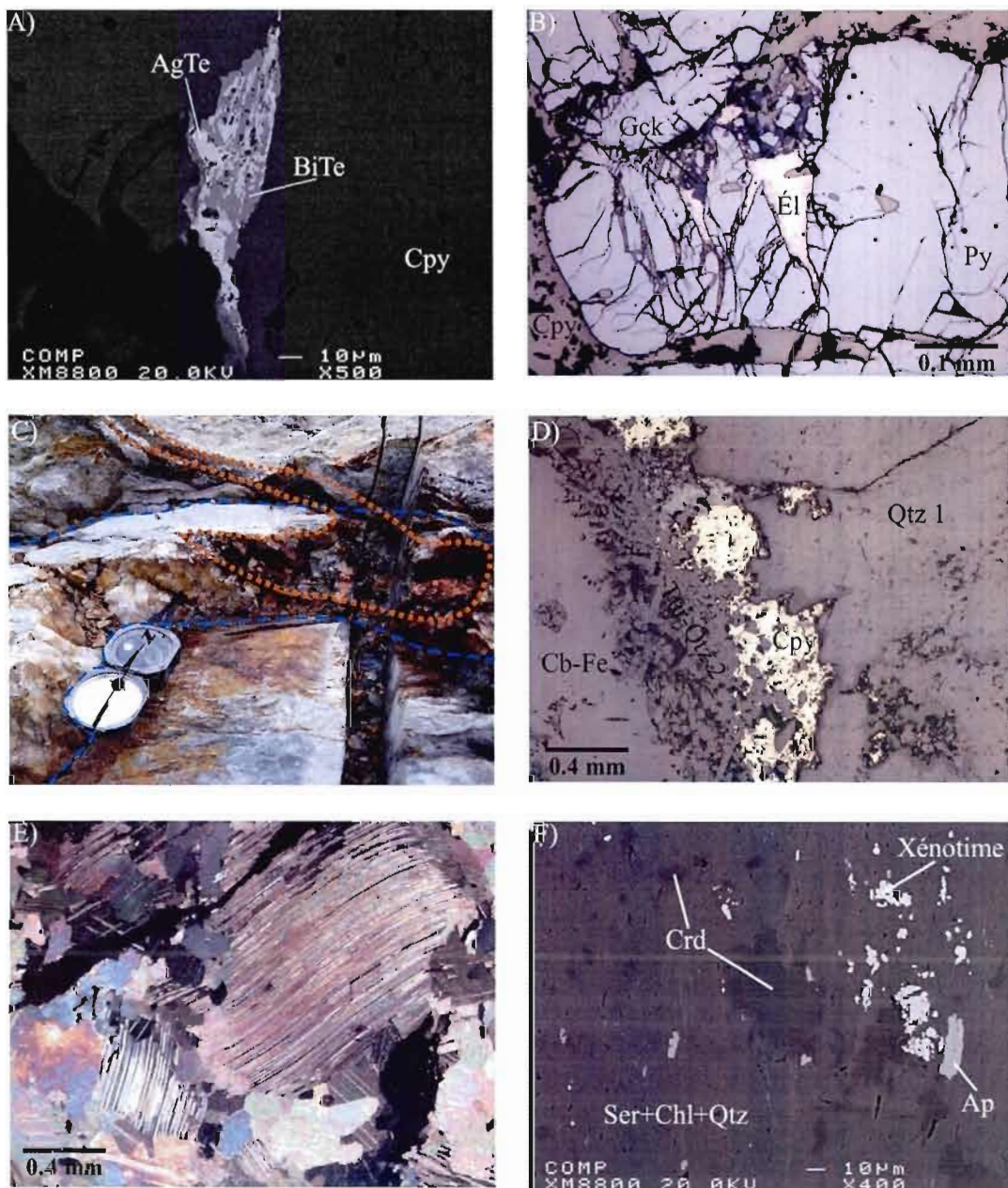
# Planche Photographique IX



A) Chalcopryrite xénomorphe qui s'injecte dans un cristal compétent de pyrite cataclasée\*<sup>1</sup>, B) Inclusion de galène xénomorphe dans de la chalcopryrite xénomorphe\*<sup>1</sup>, C) Sphalérite xénomorphe qui s'injecte dans la chalcopryrite xénomorphe plus compétente\*<sup>1</sup>, D) Altération supergène de la chalcopryrite en covellite et en goéthite\*<sup>1</sup>, E) Intercroissance entre des cristaux de chlorite magnésienne et de la chalcopryrite xénomorphe\*<sup>2</sup>, F) Sphalérite xénomorphe avec texture de « *chalcopryrite disease* » (cercle noir) et/ou de bréchification (cercle bleu)\*<sup>1</sup>.

\*<sup>1</sup> Lumière réfléchie analysée non-polarisée; \*<sup>2</sup> Lumière réfléchie analysée polarisée.

# Planche Photographique X



A) Texture coalescente des tellurures de bismuth et d'argent dans une fracture de chalcoppyrite (microsonde), B) Électrum et greenockite zincifère injectés dans une pyrite cataclasée<sup>\*1</sup>, C) Remobilisation des sulfures d'une veine de pyrite-chalcoppyrite (orange) dans une veine de quartz (bleu), D) Chalcoppyrite associée à la tourmaline de la 3<sup>ème</sup> phase de croissance d'une veine de quartz d'extension<sup>\*1</sup>, E) Macles courbées des carbonates dans une veine de quartz d'extension<sup>\*2</sup>, F) Cordiérites partiellement rétro-métamorphisées de la zone d'altération volcanogène (microsonde) <sup>\*1</sup>Lumière réfléchie analysée non-polarisée; <sup>\*2</sup>Lumière transmise analysée polarisée.



## **CHAPITRE VIII**

### **DISCUSSION**

La discussion comporte trois parties permettant de synthétiser l'information : 1) une revue des principales observations faites dans les chapitres précédents, 2) un modèle génétique et structural permettant d'expliquer la formation et l'évolution du gîte de Dunraine et 3) les incidences de ce nouveau modèle géologique sur l'exploration dans le secteur de Dunraine.

#### **8.1 Synthèse des observations**

##### **8.1.1 Géologie générale**

Le secteur de Dunraine est composé d'un empilement de roches volcaniques et volcanoclastiques de composition variée porté au faciès métamorphique des schistes verts ainsi que d'intrusions synvolcaniques et syntectoniques. Les unités et les contacts géologiques sont orientés nord-est/sud-ouest à est-ouest et sont subverticalisés. Les roches volcaniques effusives sont massives à bréchiques avec de rares unités coussinées et contiennent généralement des phénocristaux de plagioclase et/ou de quartz dans une mésostase aphanitique. La composition des laves varie d'andésite-basaltique à rhyodacitique tandis que leur affinité est majoritairement calco-alcaline avec quelques lithologies d'affinité transitionnelle ou tholéiitique. Les roches volcanoclastiques se composent de tufs à blocs, de tufs à lapillis et de tufs fins de composition intermédiaire à felsique. Les unités volcano-sédimentaires grossières sont généralement polygéniques et contiennent par endroits des clastes de sulfures tandis que les unités volcano-sédimentaires fines sont bien litées mais montrent peu de figures sédimentaires permettant d'établir une polarité. Les roches intrusives retrouvées dans le secteur de Dunraine sont constituées de dykes mafiques tholéiitiques, de diorites calco-alcalines à transitionnelles et de monzodiorites syntectoniques. Les intrusions

dioritiques et monzodioritiques sont grenues, massives et peu déformées tandis que les dykes sont aphanitiques, d'épaisseur métrique et affectés par la déformation régionale.

Les roches du secteur de Dunraine font partie de la Formation de Val d'Or à l'exception de la partie sud-ouest qui est composée de coulées massives, coussinées et bréchiques d'andésite-basaltique d'affinité tholéiitique de la Formation de Héva. Le contact entre les deux formations est marqué par une zone riche en pyrite disséminée d'épaisseur métrique et n'est pas d'origine tectonique. La Formation de Val d'Or au nord du contact avec la Formation de Héva est composée de laves andésitiques à dacitiques avec de petites quantités de roches volcanoclastiques dacitiques. Le centre du secteur de Dunraine est caractérisé par une série de roches volcanoclastiques majoritairement dacitiques intercalée avec de rares unités de roches volcaniques dacitiques à andésitiques. L'intrusion de Dunraine (diorite calco-alkaline) recoupe cette série de roches volcanoclastiques et forme la majorité de la partie sud-est du secteur. Les zones minéralisées répertoriées dans le secteur se situent toutes dans cette série de roches volcanoclastiques. Finalement, le nord-est du secteur est composé principalement de laves andésitiques transitionnelles à calco-alkalines intercalées localement avec des unités dacitiques.

### 8.1.2 Géologie structurale

Les roches du secteur de Dunraine montrent trois phases de déformation reliées à l'orogénie kénoréenne. La déformation est concentrée dans les zones de contraste de compétence, ce qui implique une partition de la déformation. La première déformation ( $D_2$ ) est caractérisée par une compression nord-sud ayant créée une schistosité de plan axial  $S_2$  fortement pentée vers le nord et d'orientation est-ouest. Le plan  $S_2$  contient une linéation d'étirement du quartz  $L_2$  plongeant fortement vers l'est et indiquant des mouvements de chevauchement du nord vers le sud selon les indicateurs cinématiques. Les plis  $P_2$  associés à cette phase de déformation sont serrés à isoclinaux, subverticaux et plongent de  $25^\circ$  à  $40^\circ$  vers l'ouest. Un anticlinal est présent dans le secteur de Dunraine et a été identifié sur la base des observations structurales, de la cartographie et du recensement des polarités : des polarités nord ont été identifiées dans la partie nord du secteur et des polarités sud ont été

identifiées dans la partie sud du secteur. La trace axiale de ce pli passe par le centre de l'intrusion de Dunraine et se poursuit dans une charnière de pli située à l'ouest. Ce pli est faillé sur son flanc sud par une zone de cisaillement est-ouest qui plonge à environ 70° vers le nord (voir figure 6.2). Les principales zones de cisaillement associées à D<sub>2</sub> sont parallèles à S<sub>2</sub> et se retrouvent sur les flancs de l'anticlinal majeur P<sub>2</sub> dans les zones minéralisées en bordure de l'intrusion (voir carte en pochette).

Le deuxième épisode de déformation (D<sub>2</sub> tardif) est caractérisé par une linéation minérale L<sub>2,1</sub> marquée par des micas blancs qui plonge moyennement de 16° vers l'ouest, des structures d'entraînement dextre de S<sub>2</sub> et des veines de quartz en échelon. Ces structures sont attribuables à un épisode de mouvement dextre qui réactive les zones de cisaillement préexistantes.

L'épisode final de déformation (D<sub>3</sub>) se caractérise par deux familles de plis conjugués en chevron orientés N190°/85° et N315°/70° et par une crénulation subverticale d'orientation N350°/75°. Les épisodes de déformation D<sub>2</sub> tardif et D<sub>3</sub> sont pénécontemporains et reliés à un fractionnement de la distribution de la déformation puisqu'il est possible d'observer, dans la même zone de cisaillement, des horizons où la compression est-ouest est accommodée par du cisaillement et d'autres où elle est accommodée par des plis en chevron. L'amplitude du mouvement dextre ne semble pas très importante dans le secteur de Dunraine puisque les unités sont facilement corrélables de part et d'autre des zones de cisaillement et que les structures associées au mouvement dextre sont faiblement développées.

### **8.1.3 Minéralisation et altération**

La minéralisation du secteur de Dunraine se présente sous la forme d'un horizon stratiforme étroit (1 à 10 mètres d'épaisseur) mais latéralement étendu (plus de 3 km) composé de sulfures semi-massifs, de veinules et de sulfures disséminés, et qui est encaissé par une série de roches volcanoclastiques dacitiques calco-alcalines fortement altérées. Les principaux sulfures sont la pyrite et la chalcopryrite ainsi que, en quantité moindre, la sphalérite. Des quantités mineures de galène, d'électrum, de sulfure de cadmium et de

tellure de bismuth et d'argent ont également été identifiées. Afin de favoriser la formation de la pyrite au dépend de l'hématite ou de la pyrrhotite, les fluides hydrothermaux doivent avoir une fugacité d'oxygène assez faible et une fugacité du soufre élevée (Ohmoto, 1996). Deux familles de veines de quartz syntectoniques recoupent la minéralisation : 1) des veines de cisaillement subverticales d'orientation est-ouest et 2) des veines d'extension subhorizontales à faible pendage vers l'ouest. Ces deux familles de veines de quartz ne contiennent pas de valeurs anormales en or et remobilisent très localement la minéralisation synvolcanique. Comme ces veines de quartz ne contiennent pas d'or, il est fort probable que l'or associé aux sulfures soit d'origine synvolcanique.

La zone minéralisée et les veinules de sulfures qui la composent sont transposées et boudinées parallèlement à la schistosité régionale  $S_2$  et sont, par conséquent, de nature synvolcanique. La déformation de la minéralisation est également observable au microscope : 1) les cristaux de pyrite sont recristallisés, cataclasés et ne montrent pas de textures primaires, 2) les autres types de sulfure, ainsi que l'électrum et les tellures, qui sont moins compétents que la pyrite, s'y injectent durant la phase de déformation régionale, et 3) la texture « durchbewegung », typique de sulfures déformées, est présente. À plus grande échelle, la zone minéralisée est plissée, tout comme les roches du secteur et se retrouve donc au nord, à l'ouest et au sud de l'intrusion de Dunraine.

L'altération hydrothermale synvolcanique des roches qui encaissent la minéralisation est zonée : 1) l'altération la plus distale par rapport à la minéralisation se compose majoritairement de séricite, 2) la zone altérée médiane est caractérisée par de la chlorite riche en magnésium et de la séricite et 3) l'altération proximale à la minéralisation est caractérisée par la présence de chlorite magnésienne et de silice. L'existence de cordiérite dans les secteurs les plus altérés suggère la présence probable d'une cheminée d'altération synvolcanique. Afin de former une telle altération en séricite et en chlorite magnésienne, les fluides hydrothermaux doivent avoir une température supérieure à 300°C, être riches en potassium et en magnésium et avoir un pH entre 3,5 et 4,5 (Ohmoto, 1996).

Puisque (1) la zone minéralisée est stratiforme et se situe à l'intérieur d'une seule lithologie, (2) l'altération hydrothermale est aussi intense dans les roches de l'éponte inférieure que dans les roches de l'éponte supérieure, (3) un front de remplacement hydrothermal est identifiable à l'intérieur de la roche hôte et (4) des géodes de dégazage contenant de la pyrite et de la chalcopryrite sont présentes, la minéralisation du secteur de Dunraine est donc soit une zone de griffon concordante à la séquence stratigraphique ou le résultat du remplacement graduel d'une roche hôte perméable.

## 8.2 Modèle génétique

Un modèle génétique a été établi à la lumière des données et des observations accumulées au cours de ce projet, ainsi qu'à la compilation des travaux effectués antérieurement par les chercheurs et les compagnies minières.

L'histoire géologique du secteur de Dunraine débute par la construction d'un arc volcanique (Formation de Val d'Or) sur des roches mafiques à ultramafiques de plancher océanique (Formation de Jacola) (Scott et al., 2002). La Formation de Val d'Or est créée par la fusion partielle d'une croûte océanique subductée du sud vers le nord en-dessous de la Formation de Jacola (figure 8.1A) (Scott et al., 2002). L'épisode de volcanisme d'arc permet l'effusion et le dépôt des roches volcaniques et volcanoclastiques d'affinités transitionnelles à calco-alcalines du secteur de Dunraine (figure 8.1B). Des intrusions synvolcaniques dioritiques transitionnelles à calco-alcalines viennent également se mettre en place dans les roches préexistantes durant l'épisode de volcanisme d'arc. La chaleur apportée par la mise en place de l'intrusion synvolcanique de Dunraine induit un épisode hydrothermal qui permet la création d'un horizon stratiforme altéré en séricite, en chlorite magnésienne et en silice encaissé dans les roches volcanoclastiques dacitiques. Une minéralisation sous forme de veinules, de sulfures semi-massifs et disséminés constituée de pyrite et chalcopryrite  $\pm$  sphalérite et or accompagne par endroits l'altération hydrothermale (figure 8.1C). Une zone de rift influencée par un plume mantellique vient par la suite recouper la Formation de Val d'Or au sud du secteur de Dunraine (Scott et al., 2002). Ce rift permet la mise en place des laves de composition intermédiaire à mafique et d'affinité tholéitique de la Formation de

Héva sur les roches de la Formation de Val d'Or (figure 8.1D). Cet épisode de rift conclut l'activité volcanique archéenne dans le secteur de Dunraine.

Les roches du secteur de Dunraine sont par la suite déformées au Néoarchéen durant l'orogénie kénoréenne. Cette déformation plisse les roches en un anticlinal subvertical faiblement déversé vers le sud et plongeant légèrement vers l'ouest. Le flanc sud de ce pli est faillé en une zone de cisaillement chevauchante d'orientation est-ouest et pentée vers le nord (figure 8.1E). Les zones minéralisées sont donc plissées et se retrouvent sur les deux flancs et dans la charnière de l'anticlinal, en bordure de l'intrusion de Dunraine. Les zones minéralisées et les unités lithologiques sont subverticalisées et transposées dans la schistosité de plan axial. La charnière ainsi qu'une partie des flancs de l'anticlinal régional sont maintenant érodés dans la partie est du secteur (figure 8.1F) mais sont conservés dans la partie ouest.

Puisque la déformation et le métamorphisme régional modifient l'aspect de la minéralisation, voici un bref résumé des événements ayant affecté le gîte de Dunraine :

1. Recristallisation durant le métamorphisme prograde des cristaux de pyrite.
2. Formation de la texture « durchbewegung » par le moulage des cristaux compétents de quartz et de pyrite par les minéraux mous (chalcopyrite, sphalérite, galène, tellurures, électrum, etc.). Fracturation des cristaux de pyrite et injection des minéraux mous dans les fractures. Libération mécanique et agglutination de l'or et de l'argent (?).
3. Formation des deux familles de veines de quartz et légère remobilisation de la chalcopyrite et de la pyrite dans ces veines.



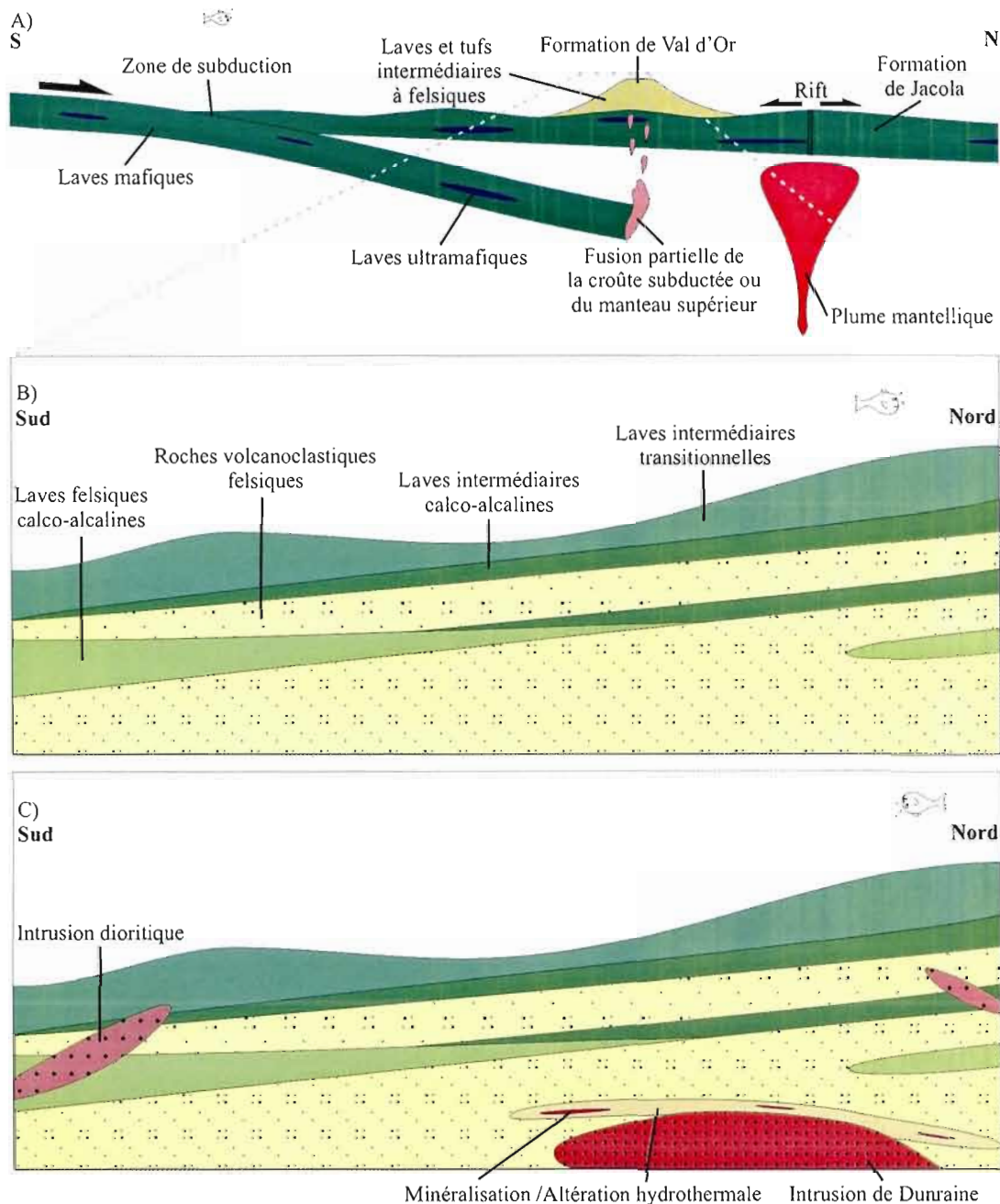


Figure 8.1: Modèle génétique schématique de la formation des roches et des minéralisations du secteur de Dunraine: A) Environnement tectonique de mise en place des roches des formations de Jacola et de Val d'Or (modifié de Scott et al., 2002), B) Empilement de roches volcaniques et volcanoclastiques d'affinité C.A. à Tr. de la Formation de Val d'Or, C) Mise en place d'intrusions syn-volcaniques dioritiques transitionnelles et de l'intrusion de Dunraine (diorite calco-alcaline) dans les roches du secteur de Dunraine. La chaleur de l'intrusion de Dunraine permet la création d'un horizon stratiforme altéré en séricite, chlorite, silice  $\pm$  cordiérite et minéralisé par endroits en Py et Cpy  $\pm$  Sph et or dans les roches volcanoclastiques dacitiques.

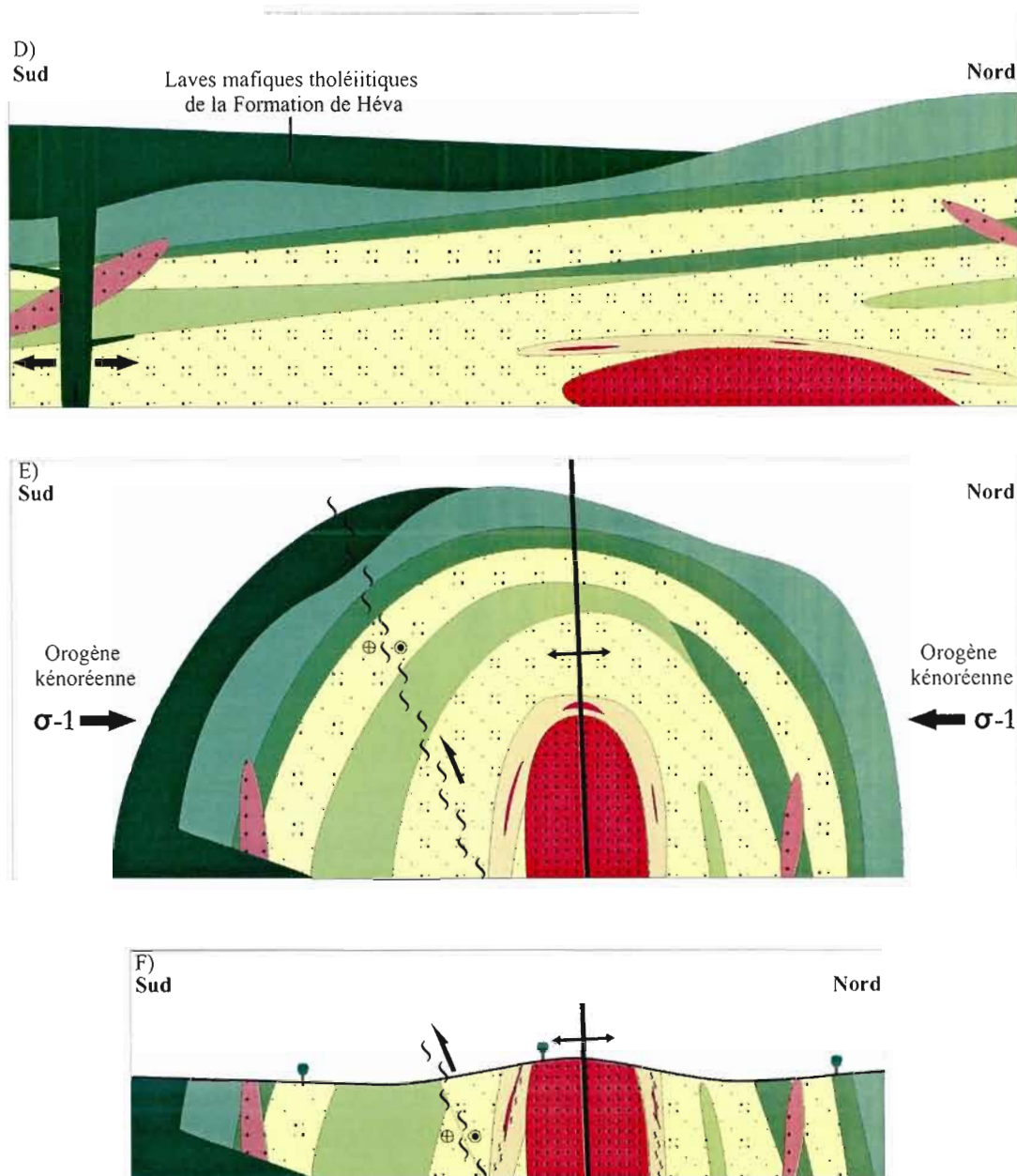


Figure 8.1 (suite) : Modèle génétique schématique de la formation des roches et des minéralisations du secteur de Dunraine: D) Un système de rift, probablement influencé par une plume mantellique, vient tronquer les roches de la Formation de Val d'Or et déposer les roches mafiques tholéitiques de la Formation de Héva, E) La déformation régionale reliée à l'orogène kénoréenne forme un pli régional isoclinal E-O plongeant faiblement vers l'ouest dont le plan axial est défini par l'intrusion de Dunraine. Les minéralisations en Py et Cpy sont également plissées et se retrouvent sur les 2 flancs ainsi que dans la charnière du pli régional, F) Suite à des millions d'années d'érosion et quelques glaciations, une partie des roches du secteur de Dunraine sont érodées, dont la charnière du pli régional dans la partie est du secteur.

### 8.3 Incidences sur l'exploration minière

Le modèle génétique développé au cours de ce travail a des incidences directes sur la stratégie d'exploration minière à adopter dans le secteur de Dunraine. Il est reconnu que les charnières de pli sont propices à une reconcentration des minéralisations durant une phase de déformation régionale. La charnière de l'anticlinal plonge de 25° à 40° vers l'ouest et se trouve en profondeur dans la partie ouest du secteur. Une campagne de forage dans la charnière de pli à l'ouest de l'intrusion de Dunraine et visant l'horizon de roches volcanoclastiques dacitiques qui encaissent les minéralisations serait intéressante à envisager.

Les failles synvolcaniques sont des structures essentielles dans la formation des SMV archéens (Franklin et al., 1981; Franklin et al., 2005) mais aucune faille synvolcanique recoupant la stratigraphie n'a été clairement identifiée au cours de ce projet.

Les zones de cisaillement qui bordent l'intrusion de Dunraine peuvent également être des cibles d'exploration. Ces zones de cisaillement semblent s'être développées dans les zones altérées et reliées aux minéralisations synvolcaniques. De plus, les zones de cisaillement en Abitibi sont reconnues pour leur potentiel aurifère (Neumayr et Hageman, 2002). La superposition d'un gîte synvolcanique cuprifère par une minéralisation aurifère orogénique bonifierait grandement la valeur d'une future découverte.

L'horizon encaissant les minéralisations du secteur de Dunraine est constitué de roches volcanoclastiques dacitiques. Puisque cet horizon est plissé autour de l'intrusion, il serait intéressant d'explorer le flanc nord et le flanc sud de l'intrusion. Le potentiel en profondeur des flancs du pli est difficile à déterminer mais tout de même prometteur.

Les indices d'altération NORMAT ont prouvé leur utilité au cours de ce projet puisque les zones minéralisées ont systématiquement des indices anormaux. De plus, les roches se situant stratigraphiquement au dessus de la minéralisation ont des indices IOR élevés par rapport aux autres lithologies du secteur. La mise en carte et la modélisation 3-D de ces indices d'altération pourrait donc créer de nouveaux vecteurs d'exploration.

Puisque les rutilles de la zone minéralisée du secteur de Dunraine ont une signature géochimique particulière, une campagne d'analyse des rutilles dans les cours d'eau de la région pourrait être effectuée afin de cibler des secteurs pour l'exploration minière.

## CONCLUSION

Cette étude apporte un nouveau regard sur un secteur de la Formation de Val d'Or encore propice à la découverte de minéralisations de type SMV et possiblement de type aurifère filonien. L'intégration de la cartographie de détail, de la lithogéochimie, de la géologie structurale ainsi que de la métallogénie a permis de proposer un modèle génétique et d'évolution tectonique du gîte de Dunraine permettant d'expliquer sa géométrie actuelle.

La Formation de Val d'Or dans le secteur de Dunraine est caractérisée par des roches volcaniques et volcanoclastiques de composition andésitique à rhyodacitique et d'affinité transitionnelle à calco-alcaline. L'empilement volcanique se compose majoritairement de tufs à lapillis et/ou blocs dacitiques (50%), de laves dacitiques/rhyodacitiques (30%) et de laves andésitiques (20%). Les roches de la Formation de Val d'Or montrent un contact franc d'orientation est-ouest avec les roches tholéitiques basaltiques de la Formation de Héva. La partie est du secteur est pour sa part occupée par une intrusion synvolcanique de composition dioritique et d'orientation est-nord-est dont les bordures sont cisailées et aphanitiques et dont le centre est grenu. La lithogéochimie des laves andésitiques et basaltiques permet de caractériser l'environnement tectonique de formation, suggérant ainsi que les roches de la Formation de Val d'Or proviennent d'un arc volcanique tandis que les basaltes de la Formation de Héva proviennent plutôt d'un environnement de rift médio-océanique, en accord avec les travaux de Scott et al. (2002).

La minéralisation du gîte de Dunraine est stratoïde et encaissée dans une séquence de roches volcanoclastiques dacitiques fortement altérées dont les textures primaires sont difficilement identifiables. La minéralisation se présente sous la forme de veinules et de veines de millimétriques à décimétriques dont la quantité dépasse rarement 20% de la roche encaissante. La minéralisation est constituée majoritairement de pyrite fortement recristallisée (plus de 70%) avec des quantités variables de chalcopryrite, de quartz et de chlorite magnésienne ainsi que des traces de sphalérite et d'or. Ces veinules et veines de sulfure sont transposées parallèlement à la schistosité régionale, sont parfois boudinées et



montrent des textures de type « Durchbewegung » en microscopie, indiquant une origine pré-tectonique. Un halo d'altération hydrothermale zoné englobe la minéralisation. L'altération distale de la roche encaissante est composée de séricite et de phengite tandis que l'altération médiane est composée majoritairement de chlorite magnésienne avec de la cordiérite par endroits, ce qui démontre que la roche a subi un lessivage acide qui a permis un enrichissement en aluminium. L'altération proximale est pour sa part caractérisée par une silicification de la roche hôte et par la présence de chlorite magnésienne. Une zonation de l'altération hydrothermale semblable a été documentée pour plusieurs gîtes de sulfures massifs volcanogènes archéens.

L'épisode de déformation principal D<sub>2</sub> est caractérisé par une compression nord-sud qui a permis de développer une schistosité est-ouest subverticale. Cet épisode de déformation a également plissé les roches du secteur de Dunraine en un anticlinal caractérisé par un plan axial subvertical d'orientation est-ouest et un axe de pli plongeant de 25° à 40° vers l'ouest. La trace axiale de ce pli passe par le centre de l'intrusion de Dunraine. Les zones minéralisées du secteur de Dunraine sont donc plissées et se retrouvent autant sur les flancs que dans la charnière de l'anticlinal. Le flanc sud de l'anticlinal est recoupé par une faille d'orientation est-ouest caractérisée par un pendage d'environ 70° vers le nord. Les zones de cisaillement majeures, qui sont parallèles à la schistosité, se sont développées préférentiellement dans les roches préalablement altérées des zones minéralisées et aux contacts lithologiques. Un épisode tardif de décrochement dextre est également documenté dans le secteur de Dunraine mais la quantité de mouvement qui lui est associé semble faible et son influence sur la distribution de la minéralisation est marginale. Aucune remobilisation syntectonique notable n'a été observée.

Les minéralisations du secteur de Dunraine se sont mises en place de manière stratoïde dans les roches volcanoclastiques dacitiques poreuses par remplacement durant un épisode hydrothermal synvolcanique qui pourrait être relié à l'intrusion dioritique de Dunraine. Ces minéralisations ont par la suite été plissées et transposées dans la schistosité régionale.



La confection de sections de forage orientées nord-sud pourrait permettre d'ajouter un supplément d'informations visant à pousser encore plus la compréhension du secteur de Dunraine. L'importance de la déformation ductile sur la distribution de la minéralisation dans la Formation de Val d'Or est non négligeable. Afin d'explorer la Formation de Val d'Or efficacement, il serait important de bien caractériser l'effet de la déformation sur la distribution spatiale de ses empilements volcaniques. Il serait également intéressant d'explorer à proximité des autres intrusions synvolcaniques de la région et dans les zones de roches volcanoclastiques qui, de par leur porosité, ont été plus susceptibles de subir un remplacement hydrothermal.

## RÉFÉRENCES

- Barton Jr. P.B. & Bethke P.M., 1987; *Chalcopyrite disease in sphalerite: Pathology and epidemiology*; American Mineralogist, vol. 72, pages 451-467.
- Babineau J., 1985; *Géologie de la région de La Motte, Abitibi, Québec*; Ministère de l'Énergie et des ressources Naturelles du Québec; ET 84-03; 17 pages.
- Beaudoin G. & Pitre D., 2005; *Stable isotope geochemistry of the Archean Val d'Or (Canada) orogenic gold vein field*; Mineralium Deposita; vol. 40; pages 59-75.
- Boily M., 1981; *Levés lithologique, structural et lithogéochimique : Projet Dunraine 10-817*; Ministère de l'Énergie et des Ressources; 37 pages.
- Bortnikov & al., 1991; *The nature of chalcopyrite inclusions in sphalerite: Exsolution, coprecipitation, or "disease"?*; Economic Geology; vol. 86; pages 1070-1082.
- Bouchard M., 1980; *Région de Cadillac-Malartic*; Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; rapport DPV-791; 10 pages.
- Carr P.M. & Barrie C.T., 2008; *On the size and spacing of volcanogenic massive sulphide deposits within a district with application to Matagami district, Québec*; Economic Geology; vol. 103; pages 1395-1409.
- Cathles L.M., 1981; *Fluid flow and genesis of hydrothermal ore deposits*; Economic Geology; 75th anniversary volume; pages 424-457.
- Cathles L.M., Erendi A.H.J. & Barrie T., 1997; *How long can a hydrothermal system be sustained by a single intrusive event?*; Economic Geology; vol. 92; pages
- Cattalani S. & Bambic P., 1994; *Lithogeochemistry and mass changes : applications to mineral exploration*; Association Professionnelle des Géologues et Géophysiciens du Québec (APGGQ); Val d'Or; Short Course Notes; 33 pages.
- Chown E.H., Daigneault R., Mueller W. & Mortensen J.K., 1992; *Tectonic evolution of the Northern Volcanic Zone, Abitibi belt, Québec*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 29; pages 2211-2225.
- Clark J.R. & Williams-Jones A.E., 2004; *Rutile as a potential indicator mineral for metamorphosed metallic ore deposits*; DIVEX; Rapport final du sous-projet SC2; 17 pages.

- Clowes, R.M., Calvert A.J., Eaton D.W., Hajnal Z., Hall J. & Ross G.M., 1995; *LITHOPROBE reflections studies of Archean and Proterozoic crust in Canada*; Tectonophysics; vol. 264; pages 65-88.
- Daigneault R., Mueller W.U. & Chown E.H., 2002; *Oblique Archean subduction: accretion and exhumation of an oceanic arc during dextral transpression, Southern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince, Canada*; Precambrian Research; vol. 115; pages 261-290.
- Daigneault R., Mueller W.U., Chown E.H. et Pilote P., 2000; *Chevauchement, extension et transpression dans la zone volcanique sud de la Sous-province de l'Abitibi*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Séminaire d'information sur la recherche géologique; DV 2000-03; 19 pages.
- Davis W., 2002; *U-Pb geochronology of Archean metasedimentary rocks in the Pontiac and Abitibi subprovinces, Québec, constraints on timing, provenance and regional tectonics*; Precambrian Research; vol. 115; pages 97-117.
- Desrochers J.P. & Hubert H., 1996; *Structural evolution and early accretion of the Archean Malartic Composite Block, southern Abitibi greenstone belt, Québec, Canada*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 33; pages 1556-1569.
- Desrochers J.P., Hubert C & Pilote P., 1996; *Géologie de la région de Val-d'Or – Malartic (Abitibi-Est)*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Rapport ET 96-01; 122 pages.
- Dimroth D., Imreh L., Goulet N. & Rocheleau M., 1983; *Evolution of the southcentral segment of the Archean Abitibi belt, Québec. Part III: plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model*; Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 20, pages 1374-1388.
- Doyle M.G. & Allen R.L., 2003; *Subsea-floor replacement in volcanic-hosted massive sulphide deposits*; Ore Geology Reviews; vol. 23; pages 183-222.
- Dubé B., Gosselin P., Mercier-Langevin P., Hannington M. & Galley A.; *Gold-rich volcanogenic massive sulphide deposits*; Ressources naturelles Canada; Consolidation and Synthesis of Mineral Deposits Knowledge; pages 75-94.
- Dubé B., Mercier-Langevin P., Hannington M., Lafrance B., Gosselin G. & Gosselin P., 2007; *The LaRonde Penna world-class Au-rich volcanogenic massive sulphide deposit, Abitibi, Québec; mineralogy and geochemistry of alteration and implication for genesis and exploration*; Economic Geology; vol. 102; pages 633-666.
- Ehlers E.G. & Blatt H., 1982; *Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic*; San Francisco (U.S.A.); W.H. Freeman; 732 pages.

- Faure S., 2008; *Reconnaissance des failles synvolcaniques fertiles pour les SMV dans les ceintures de roches vertes déformées : application dans le secteur de Val d'Or*; Présentation du CONSOREM (Projet 2008-04); Québec Exploration 2008; 64 diapositives.
- Franklin J.M., Lydon J.W. & Sangster D.F., 1981; *Volcanic-associated massive sulfide deposits*; Economic Geology; 75th Anniversary Volume; pages 485-627.
- Franklin J.M., Gibson H.L., Jonasson I.R. et Galley A.G., 2005; *Volcanogenic Massive Sulfide Deposits*; Economic Geology; 100th Anniversary Volume; pages 523-560.
- Gaboury D. et Pearson V., 2008; *Rhyolite geochemical signatures and association with volcanogenic massive sulphide deposits: Examples from the Abitibi Belt, Canada*; Economic Geology; vol. 103; pages 1531-1562.
- Galley A.G., 1993; *Characteristics of semi-conformable alteration zones associated with volcanogenic massive sulphide districts*; Journal of Geochemical Exploration; vol. 48; pages 175-200.
- Gemmell J.B. & Large R.R., 1992; *Stringer system and alteration zones underlying the Hellyer volcanic-hosted massive sulphide deposit, Tasmania, Australia*; Economic Geology; vol. 87; pages 620-649.
- Giovenazzo D., 2000; *Partie B - Section 3B – Minéralisations nickélifères dans le secteur La Motte-Vassan : La mine Marbridge dans Géologie de la région de Val d'Or, Sous-province de l'Abitibi – Volcanologie physique et evolution métallogénique*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Rapport MB 2000-09; pages 73-80.
- Gorton M.P. & Schandl E.S., 2000; *From continent to island arcs: a geochemical index of tectonic setting for arc-related and within-plate felsic to intermediate volcanic rocks*; The Canadian Mineralogist, vol. 38; pages 1065-1073.
- Goutier J. & Melançon M., 2007; *Géologie de la Sous-province de l'Abitibi en fonction des grands épisodes de volcanisme et de sédimentation*; Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec; Carte géologique au 1:500 000.
- Grant M., Pilote P. & Lavoie S., 2005; *Compilation géologique – Rivière Bourlamaque*; Ministère des ressources naturelles et de la faune du Québec; Carte géologique au 1:20 000.
- Hannington M.D., 2003; *Regional-scale hydrothermal alteration in the central Blake River Group, western Abitibi Subprovince, Canada; implications for VMS prospectivity*; Mineralium Deposita; vol. 38; pages 393-422.

- Healy R.E. & Petruk W., 1990; *Petrology of Au-Ag-Hg alloy and "invisible" gold in the Trout Lake massive sulphide deposit, Flin Flon, Manitoba*; The Canadian Mineralogist; vol. 28; pages 189-206.
- Herrmann W., Green G.R., Barton M.D. & Davidson G.J., 2009; *Lithogeochemical and stable isotopic insights into submarine genesis of pyrophyllite-altered facies at the Boco prospect, Western Tanzania*; Economic Geology; vol. 104; pages 775-792.
- Hofmann J.H. et Masson M, 1994; *Archean stromatolites from Abitibi greenstone belt, Québec, Canada*; Geological Society of America Bulletin; vol. 106; pages 424-429.
- Imreh L., 1984; *Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et géologique*; Ministère de l'énergie et des ressources du Québec; Rapport MM 82-04; 72 pages.
- Ishikawa Y., Sawaguchi T., Iwaya S. & Horiuchi M., 1976; *Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration halos*; Mining Geology; vol. 26; pages 105-117.
- Jenkins C.L. & Brown A.C., 1999; *Cadre métallogénique des gisements de sulfures massifs volcanogènes et filoniens aurifère des cantons Bourlamaque et Louvicourt, partie sud de la Sous-province de l'Abitibi*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Rapport MB 99-12; 42 pages.
- Jolly W.T., 1978; *Metamorphic history of the Archean Abitibi belt* dans *Metamorphism in the Canadian Shield*; Geological Survey of Canada Paper, vol. 78-10; pages 63-78.
- Kelly W.C. & Clark B.R., 1975; *Sulfide deformation studies: III. Experimental deformation of chalcopyrite to 2,000 bars and 500°C*; Economic Geology; vol.70; pages 431-453.
- Kranidiotis P. & MacLean W.H., 1987; *Immobile elements as monitors of mass transfer in hydrothermal alteration: phelps dodge massive sulphide deposit, Matagami, Québec*; Economic Geology; vol. 82; pages 951-962.
- Large R.R., 1992; *Australian volcanic-hosted massive sulphide deposits: Features, styles and genetic models*; Economic Geology; vol. 87; pages 471-510.
- Larocque A.C.L. & Hodgson C.J., 1995a; *Effects of greenschist-facies metamorphism and related deformation on the Moberly massive sulphide deposit, Québec, Canada*; Mineral Deposita, vol. 30; pages 439-448.
- Larocque A.C.L., Hodgson C.J., Cabri L.J. & Jackman J.A., 1995b; *Ion-microprobe analysis of pyrite, chalcopyrite and pyrrhotite from the Moberly vms deposit in Northwestern Quebec: Evidence for metamorphic remobilization of gold*; The Canadian Mineralogist; vol. 33; pages 373-388.

- Larson P.B., 1984; *Geochemistry of the alteration pipe at the Bruce Cu-Zn volcanogenic massive sulphide deposit, Arizona*; Economic Geology; vol. 79; pages 1880-1896.
- Lavoie S., 2003; "Géologie de la mine East-Sullivan, Abitibi-Est, Val d'Or, Québec"; Mémoire de maîtrise; Chicoutimi; Université du Québec à Chicoutimi; 257 pages.
- Leshner C.M., 1989; *Komatiites-associated nickel sulfides deposits dans Ore deposition associated with magmas*; Economic Geology; Reviews in Economic Geology 4; pages 44-101.
- MacLean W.H. & Barrett T.J., 1993; *Lithogeochemical techniques using immobile element*; Journal of Exploration Geochemistry; vol. 48; pages 109-133.
- Marquis, R., 2004; *Towards a better understanding of the superior Province*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Site internet: <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/english/mines/quebec-mines/2004-10/superior.asp>.
- Marshall B. & Gilligan L.B., 1989; *Durchbewegung structure, piercement cusps, and piercement veins in massive sulphide deposits: formation and interpretation*; Economic Geology; vol. 84; pages 2311-2319.
- Marshall B. & Gilligan L.B., 1993; *Remobilization, syn-tectonic processes and massive sulphide deposits*; Ore Geology Review; vol. 8; pages 39-64.
- McClay K.R. & Ellis P.G., 1983; *Deformation and recrystallization of pyrite*; Mineralogical Magazine; vol. 47; pages 527-538.
- McPhie J., Doyle M. & Allen R., 1993; *Part 2. Common components, textures and structures in volcanic deposits dans Volcanic Textures – A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*; Hobart (Tasmania); Tasmanian Government Printing Office; pages 21-71.
- Mercier-Langevin P., 2005; "Géologie du gisement de sulfures massifs volcanogènes aurifères LaRonde, Abitibi, Québec"; Thèse de Doctorat; Québec; INRS - Eau, Terre et Environnement; 698 pages.
- Mercier-Langevin P., Dubé B., Lafrance B., Hannington M., Galley A., Moorhead J., Gosselin P., 2007; *Metallogeny of the Doyon-Bousquet-LaRonde mining camp, Abitibi greenstone belt, Québec*; Geological Association of Canada (Mineral Deposits Division); Special publication No. 5; pages 673-701.
- Mercier-Langevin P., Dubé B., Hannington M.D.; Davis D.W., Lafrance B. et Gosselin G., 2007b; *The LaRonde Penna Au-rich volcanogenic massive sulfide deposit, Abitibi greenstone belt, Québec: Part 1. Geology and geochronology*; Economic Geology; vol. 102; pages 585-609.



- Meschede M., 1986; *A method of discriminating between different types of mid-ocean basalts and continental tholeiites with Nb-Zr-Y diagram*; Chemical Geology; vol. 56; pages 207-218.
- Mogessie A., Gallien F., Bernhard F., Bauer C., Castro de Machuca B., Meissl E., Bjerg E. & Delpino S., 2009; *Greenockite and associated sulfide mineralization from the cadelonia group mines, Blanca Creek, La Huerta Range, San Juan Province, Argentina*; The Canadian Mineralogist; Vol. 47; pages 129-141.
- Mulholland I.R., 1990; *The geology, petrology, and alteration geochemistry of the Magpie volcanogenic massive sulphide prospect, North Queensland, Australia*; Economic Geology; vol. 86; pages 1387-1400.
- Neumayr P., Hagemann S.G. & Couture J.-F., 2000; *Structural setting, textures, and timing of hydrothermal vein systems in the Val d'Or camp, Abitibi, Canada: implications for the evolution of transcrustal, second- and third-order fault zones and gold mineralisation*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 37; pages 95-114.
- Neumayr P. & Hagemann S.G., 2002; *Hydrothermal fluid evolution within the Cadillac tectonic zone, Abitibi greenstone belt, Canada: Relationship to auriferous fluids in adjacent second- and third-order shear zones*; Economic Geology; vol. 97; pages 1203-1225.
- Ohmoto H., 1996; *Formation of volcanogenic massive sulfide deposits : The Kuroko perspective*; Ore Geology Reviews; vol. 10; pages 135-177.
- Paquin D. & Vermette D., 2007; *Résultats de la campagne d'exploration été/automne 2007, Propriété Dunraine, Projet No. 17317*; Alexis Minerals corp.; Rapport 43-101; 89 pages.
- Pearce T.H., 1990; *Getting the most from your data: applications of Pearce element ratio analysis* dans *Theory and application of Pearce element ratios to geochemical data analysis*; GAC-MAC Vancouver; Short course notes; vol. 8; pages 99-130.
- Pearson V. & Daigneault R., 2009; *An Archean megacaldera complex: The Blake River Group, Abitibi greenstone belt*; Precambrian Research; vol. 168; pages 66-82.
- Percival J.A., 2007; *Geology and metallogeny of the Superior Province, Canada* dans *Mineral Deposits of Canada: A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods*; Geological Association of Canada (Mineral Deposits Division); Special publication No. 5; pages 903-928.
- Perry H.K.C., Mareschal J.-C. & Jaupart C., 2006; *Variations of strength and localized deformation in cratons: The Kapuskasing uplift, Superior Province, Canada*; Earth and Planetary Sciences Letters; vol. 249; pages 216-228.

- Piché M. & Jébrak M., 2004; *Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration*; Journal of Geochemical Exploration; vol. 82; pages 59-77.
- Piché M. & Jébrak M., 2006; *Determination of alteration facies using the normative mineral alteration index: Selbaie Cu-Zn deposit, northern Abitibi greenstone belt, Canada*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 43; pages 1877-1885.
- Pilote P. & al., 2000; *Partie A – Développement d'un arc volcanique, la région de Val d'Or, ceinture de l'Abitibi: volcanologie physique et évolution métallogénique dans Géologie de la région de Val d'Or, Sous-province de l'Abitibi – Volcanologie physique et évolution métallogénique*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Rapport MB 2000-09; pages 1-20.
- Pilote P., Mueller W.U., Scott C.R. et Lavoie S., 1999; *Géologie des formations Val d'Or, Héva et Jacola - Nouvelle interprétation du bloc de Malartic dans Séminaire d'Information sur la Recherche Géologique, Programme et résumés*; Ministère des Ressources naturelles du Québec, DV 99-03, page 52.
- Ramsay J. G., 1980; *Shear zone geometry: A review*; Journal of Structural Geology; vol. 2; pages 83-99.
- Ramsay J.G. & Huber M.I., 1987; *The techniques of modern structural geology volume 2: Folds and fractures*; San Diego (California); Elsevier Science Academic Press; 391 pages.
- Riverin G. & Hodgson C.J., 1980; *Wall-rock alteration at the Millenback Cu-Zn mine, Noranda, Quebec*; Economic Geology; vol. 75; pages 424-444.
- Robert F. & Brown A.C., 1986; *Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Québec: Part I. Geologic relations and formation of the vein system*; Economic Geology; vol. 81; pages 578-592.
- Robert F., 1989; *Internal structure of the Cadillac tectonic zone southeast of Val d'Or, Abitibi greenstone belt, Québec*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 26; pages 2661-2675.
- Robert F., 1991; *Gold metallogeny of greenstone belts: considerations from the eastern Abitibi Subprovince, Canada dans Brazil Gold '91*; E.A. Ladeira. Balkema; Rotterdam; pages 31-47.
- Sansfaçon R. et Hubert C., 1990; *The Malartic gold district, Abitibi belt, Québec: Geological setting, structure and timing of gold emplacement at Malartic Gold Fields, Barnat, East Malartic, Canadian Malartic and Sladen mines dans The North-Western Quebec Polymetallic Belt*; The Canadian Institute of Mining and Metallurgy; Special Volume 43; pages 221-235.

- Scott C.R., Mueller W.U. et Pilote P., 2002; *Physical volcanology, stratigraphy, and lithogeochemistry of an archean volcanic arc: evolution from plume-related volcanism to arc rifting within the SE Abitibi greenstone belt, Val d'Or, Québec, Canada*; Precambrian Research, vol. 115; pages 223-260 et thèse de doctorat; Chicoutimi; Université du Québec à Chicoutimi; 450 pages.
- Sharpe J., 1968; *Rapport géologique 135, Canton de Louvicourt, Comté d'Abitibi-Est*; Direction générale des mines; 59 pages.
- Shriver N.A. & MacLean W.H., 1993; *Mass, volume and chemical changes in the alteration zone at the Norbec mine, Noranda, Québec*; Mineral Deposits; vol. 28; pages 157-166.
- Skilling, I.P., White J.D.L., McPhie J., 2002; *Peperite: a review of magma-sediment mingling*; Journal of Volcanology and Geothermal Research; vol. 114; pages 1-17.
- Solomon M. & Walshe J.L., 1979; *The formation of massive sulphide deposits on the sea floor*; Economic Geology; vol. 74; pages 797-813.
- Spitz G. & Darling R., 1978; *Major and minor element lithogeochemical anomalies surrounding the Louvem copper deposit, Val d'Or, Québec*; Canadian Journal of Earth Sciences; vol. 15; pages 1116-1169.
- Stereo32; version 0.9.4 (PC); Bochum (Allemagne); Röller K. & Trepmann C.A. 2007.
- Thompson A.J.B. & Thompson J.F.H., 1996; *Atlas of alteration: A field and petrographic guide to hydrothermal alteration minerals*; St. John's (Terre-Neuve, Canada); Mineral Deposit Division – Geological Association of Canada; 119 pages.
- Tourigny G., Doucet D. & Bourget A., 1993; *Geology of the Bousquet 2 mine: An example of a deformed, gold-bearing, polymetallic sulphide deposit*; Economic Geology; vol. 88; pages 1578-1597.
- Vorobiev O., 2000; *Partie B - Section 4B – Minéralisation aurifère de type skarn dans le secteur d'Akasaba, formation de Héva dans Géologie de la région de Val d'Or, Sous-province de l'Abitibi – Volcanologie physique et évolution métallogénique*; Ministère des ressources naturelles du Québec; Rapport MB 2000-09; pages 87-95.
- Winchester J.A. & Floyd P.A., 1977; *Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements*; Chemical Geology; vol. 20; pages 325-343.
- Winter J.D., 2001; *Chapter 25 – Metamorphic facies and metamorphosed mafic rocks dans An introduction to igneous and metamorphic petrology*; Upper Saddle River (New Jersey); Prentice Hall; pages 496-512.

- Winter J.D., 2001b; *Chapter 8 – Chemical petrology I: major and minor elements* dans *An introduction to igneous and metamorphic petrology*; Upper Saddle River (New Jersey); Prentice Hall; pages 128-154.
- Wong L., Davis D.W., Krogh T.E. et Robert F., 1991; *U-Pb zircon and rutile chronology of Archean greenstone formation and gold mineralization in the Val d'Or region, Québec*; *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 104; pages 325-336.
- Yeats C.J. & Groves D.I., 1998; *The archean Mount Gibson gold deposits, Yilgarn craton, Western Australia: Products of combined synvolcanic and syntectonic alteration and mineralisation*; *Ore Geology Reviews*; vol. 13; pages 103-129.
- Zane A., Sassi R & Guidotti C.V., 1998; *New data on metamorphic chlorite as a petrogenetic indicator mineral, with special regard to greenschist-facies rocks*; *The Canadian Mineralogist*; vol. 36; pages 713-726.

## **APPENDICE A**

Résultats d'analyses des éléments majeurs et en traces des roches volcaniques par XRF

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF.

| Échantillon  | R0150        | R0151        | R0152        | R0153        | R0154        | R0155        | R0156        | R0157        | R0159        | R0160        | R0161        | R0162        |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie   | VID T CAII   | VID CAI      | Dunraigne    | VIC CA       | V2J TrII     | V2J TrII     | VID-Ti       | VID CAI      | VID CAI      | VID-Ti       | V2J CA I     | VID T CAII   |
| MTM83 Est    | 226865       | 226585       | 226408       | 224994       | 224994       | 224994       | 224988       | 224978       | 225028       | 225200       | 225208       | 225208       |
| MTM83 Nord   | 5327629      | 5327526      | 5327305      | 5327331      | 5327331      | 5327331      | 5327292      | 5327239      | 5327258      | 5327228      | 5327122      | 5327122      |
| %            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO2         | 70.28        | 69.92        | 64           | 77.52        | 58.32        | 57.09        | 67.3         | 74.43        | 69.37        | 64.13        | 73.84        | 65.27        |
| Al2O3        | 14.38        | 14.96        | 16.67        | 9.94         | 16.74        | 19.23        | 13.94        | 12.23        | 13.84        | 14.97        | 13.15        | 14.14        |
| Fe2O3        | 3.94         | 2.24         | 2.29         | 1.67         | 4.75         | 5.61         | 4.75         | 1.72         | 3.94         | 5.75         | 2.08         | 7.35         |
| CaO          | 1.14         | 2.36         | 1.86         | 2.46         | 4.17         | 2.33         | 1.43         | 2.41         | 1.88         | 3            | 1.15         | 1.54         |
| MgO          | 0.72         | 0.27         | 3.95         | 0.2          | 1.63         | 3.47         | 1.56         | 0.13         | 0.4          | 1.26         | 0.37         | 2.17         |
| Na2O         | 5.17         | 5.4          | 5.56         | 5.05         | 3.39         | 5.87         | 4.39         | 4.98         | 4.46         | 3.26         | 6.28         | 1.11         |
| K2O          | 1.18         | 1.38         | 0.24         | 0.09         | 1.66         | 0.46         | 0.96         | 0.83         | 1.16         | 1.93         | 0.31         | 2.67         |
| Cr2O3        | <0.01        | <0.01        | 0.04         | 0.01         | 0.04         | 0.03         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         |
| TiO2         | 0.86         | 0.64         | 0.81         | 0.43         | 1.32         | 1.49         | 1.13         | 0.54         | 0.62         | 1.07         | 1.02         | 1.01         |
| MnO          | 0.06         | 0.05         | 0.02         | 0.04         | 0.06         | 0.07         | 0.09         | 0.06         | 0.1          | 0.12         | 0.03         | 0.12         |
| P2O5         | 0.196        | 0.152        | 0.35         | 0.096        | 0.236        | 0.245        | 0.229        | 0.121        | 0.136        | 0.212        | 0.228        | 0.209        |
| SrO          | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.03         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.02         | 0.02         | 0.01         |
| BaO          | 0.04         | 0.04         | 0.01         | <0.01        | 0.04         | 0.02         | 0.05         | 0.01         | 0.03         | 0.05         | <0.01        | 0.04         |
| LOI          | 1.7          | 2.52         | 4.14         | 2.21         | 6.46         | 3.71         | 2.64         | 2.38         | 2.71         | 4.07         | 1.15         | 3.5          |
| <b>Total</b> | <b>99.68</b> | <b>99.95</b> | <b>99.97</b> | <b>99.71</b> | <b>98.84</b> | <b>99.67</b> | <b>98.49</b> | <b>99.88</b> | <b>98.66</b> | <b>99.85</b> | <b>99.64</b> | <b>99.15</b> |
| ppm          |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba           | 420          | 380          | 160          | 20           | 410          | 230          | 500          | 190          | 290          | 490          | 100          | 500          |
| Nb           | 9            | 10           | 8            | 7            | 9            | 9            | 9            | 9            | 10           | 8            | 7            | 10           |
| Rb           | 38           | 25           | 6            | 3            | 50           | 16           | 38           | 22           | 35           | 65           | 9            | 86           |
| Sr           | 202          | 108          | 141          | 53           | 210          | 264          | 143          | 119          | 129          | 195          | 143          | 95           |
| Y            | 40           | 35           | 30           | 29           | 27           | 25           | 43           | 29           | 40           | 37           | 26           | 39           |
| Zr           | 296          | 328          | 238          | 280          | 182          | 209          | 292          | 266          | 309          | 261          | 206          | 314          |



Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0163        | R0164        | R0165        | R0166        | R0167        | R0168        | R0169        | R0170        | R0171        | R0172        | R0173        | R0174        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | V2JCA I      | V2JCA II     | VID T CAI    | VID T CAI    | Dunraie      | IZI CA       | VID T CAI    | VID T CAI    | VID T CAI    | V2 T         | V2JCA I      | V2JCA I      |
| MTM83 Est                      | 225208       | 225243       | 225240       | 225267       | 225250       | 225558       | 225563       | 225540       | 225525       | 225473       | 225420       | 225420       |
| MTM83 Nord                     | 5327122      | 5327083      | 5327028      | 5326916      | 5326894      | 5326689      | 5326946      | 5326965      | 5327003      | 5327160      | 5327162      | 5327162      |
|                                | %            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 57.08        | 55.66        | 68.57        | 62.13        | 64.2         | 67.06        | 77.21        | 65.37        | 62.36        | 66.63        | 71.4         | 48.7         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.21        | 17.05        | 15.48        | 15.59        | 14.79        | 15.24        | 12.68        | 16.5         | 17.08        | 13.51        | 13.34        | 21.45        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10.22        | 6.58         | 4.21         | 4.69         | 4.42         | 3.94         | 1.92         | 5.51         | 5.63         | 4.44         | 2.78         | 12.74        |
| CaO                            | 2.38         | 1.18         | 0.39         | 2.34         | 1.86         | 1.75         | 0.27         | 0.7          | 0.78         | 3.35         | 1.86         | 0.55         |
| MgO                            | 3.49         | 9.22         | 3.11         | 3.53         | 3.28         | 2            | 0.59         | 3.52         | 3.9          | 1.22         | 0.32         | 3.56         |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.07         | 0.47         | 0.4          | 3.28         | 5.19         | 1.84         | 0.69         | 0.9          | 3.41         | 2.33         | 6.37         | 3.97         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.28         | 1.88         | 2.73         | 1.72         | 0.53         | 2.65         | 2.35         | 2.01         | 1.49         | 2.37         | 0.45         | 2.51         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | <0.01        | 0.03         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | <0.01        | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.19         | 0.89         | 0.83         | 0.83         | 0.77         | 0.65         | 0.65         | 0.86         | 0.88         | 1.05         | 1.1          | 1.69         |
| MnO                            | 0.17         | 0.07         | 0.05         | 0.12         | 0.11         | 0.05         | 0.04         | 0.15         | 0.07         | 0.08         | 0.06         | 0.1          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.25         | 0.378        | 0.302        | 0.343        | 0.33         | 0.342        | 0.216        | 0.362        | 0.365        | 0.251        | 0.199        | 0.368        |
| SrO                            | 0.02         | 0.03         | 0.03         | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.01         |
| BaO                            | 0.05         | 0.03         | 0.33         | 0.04         | 0.02         | 0.06         | 0.14         | 0.05         | 0.04         | 0.04         | 0.02         | 0.12         |
| LOI                            | 4.32         | 6.42         | 3.33         | 5.15         | 3.86         | 4.16         | 2.06         | 3.87         | 3.62         | 4.32         | 1.81         | 3.96         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.73</b> | <b>99.89</b> | <b>99.77</b> | <b>99.79</b> | <b>99.38</b> | <b>99.76</b> | <b>98.83</b> | <b>99.84</b> | <b>99.66</b> | <b>99.63</b> | <b>99.73</b> | <b>99.72</b> |
|                                | ppm          |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 450          | 310          | 2740         | 420          | 220          | 560          | 1190         | 510          | 450          | 450          | 240          | 1120         |
| Nb                             | 9            | 14           | 9            | 8            | 9            | 9            | 7            | 9            | 10           | 7            | 8            | 12           |
| Rb                             | 41           | 48           | 54           | 37           | 12           | 71           | 48           | 42           | 33           | 80           | 15           | 86           |
| Sr                             | 171          | 243          | 304          | 73           | 72           | 104          | 123          | 179          | 109          | 126          | 129          | 85           |
| Y                              | 32           | 25           | 32           | 32           | 34           | 36           | 26           | 35           | 34           | 36           | 28           | 44           |
| Zr                             | 247          | 214          | 267          | 258          | 254          | 274          | 219          | 279          | 287          | 228          | 225          | 349          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0175       | R0177     | R0178        | R0179       | R0180     | R0181        | R0182        | R0183        | R0185        | R0186        | R0187        | R0188        |
|--------------------------------|-------------|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | VID T CAII  | VID CAI   | VID CAI      | VID T CAII  | VID CAI   | IZJ TH       | V2J CAII     | V2J TH       | VID CAII     | VID T CAII   | VID CAI      | VID T CAII   |
| MTM83 Est                      | 225433      | 225439    | 225407       | 225493      | 225557    | 225472       | 225558       | 225748       | 225845       | 225847       | 225828       | 225853       |
| MTM83 Nord                     | 5327222     | 5327193   | 5327216      | 5327239     | 5327208   | 5327540      | 5327523      | 5327541      | 5327571      | 5327537      | 5327310      | 5327339      |
| %                              |             |           |              |             |           |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 69.93       | 72.82     | 70           | 67.38       | 70.34     | 57.79        | 65.19        | 60.45        | 64.05        | 75.65        | 75.77        | 67.26        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.16       | 13.05     | 14.35        | 15.17       | 13.67     | 17.53        | 16.94        | 16.44        | 14.81        | 12.71        | 14.25        | 14.59        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.3         | 1.16      | 5.4          | 5.47        | 4.4       | 6.19         | 1.82         | 4.14         | 7.03         | 1.98         | 0.9          | 5.56         |
| CaO                            | 1.22        | 2.47      | 0.65         | 2.72        | 1.47      | 4.43         | 3.3          | 3.91         | 2.29         | 1.27         | 0.27         | 2.5          |
| MgO                            | 0.98        | 0.17      | 1.31         | 0.9         | 0.26      | 1.47         | 0.54         | 2.53         | 1.97         | 0.29         | 0.1          | 1            |
| Na <sub>2</sub> O              | 1.66        | 5.11      | 1.89         | 1.94        | 4.75      | 4.04         | 6.02         | 4.81         | 2.48         | 2.28         | 6.07         | 1.68         |
| K <sub>2</sub> O               | 2.67        | 1         | 2.6          | 2.72        | 1.08      | 0.89         | 1.14         | 0.94         | 1.42         | 1.39         | 0.98         | 2.55         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | <0.01       | <0.01     | <0.01        | <0.01       | 0.01      | 0.03         | 0.01         | 0.03         | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.89        | 0.59      | 0.7          | 0.94        | 0.61      | 0.92         | 1.01         | 1.34         | 0.89         | 0.78         | 0.64         | 0.93         |
| MnO                            | 0.07        | 0.04      | 0.07         | 0.08        | 0.08      | 0.13         | 0.05         | 0.07         | 0.09         | 0.04         | 0.02         | 0.08         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.199       | 0.13      | 0.143        | 0.209       | 0.133     | 0.16         | 0.216        | 0.218        | 0.201        | 0.176        | 0.114        | 0.223        |
| SrO                            | 0.02        | 0.02      | 0.02         | 0.03        | 0.01      | 0.02         | 0.02         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.03         |
| BaO                            | 0.06        | 0.02      | 0.06         | 0.07        | 0.03      | 0.02         | 0.03         | 0.04         | 0.03         | 0.04         | 0.02         | 0.05         |
| LOI                            | 2.45        | 2.42      | 2.64         | 1.96        | 2.16      | 5.85         | 3.38         | 4.88         | 4.05         | 2.64         | 0.66         | 2.24         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.6</b> | <b>99</b> | <b>99.82</b> | <b>99.6</b> | <b>99</b> | <b>99.47</b> | <b>99.67</b> | <b>99.81</b> | <b>99.33</b> | <b>99.26</b> | <b>99.81</b> | <b>98.68</b> |
| ppm                            |             |           |              |             |           |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 540         | 270       | 600          | 700         | 310       | 220          | 340          | 380          | 390          | 380          | 250          | 510          |
| Nb                             | 10          | 9         | 9            | 10          | 9         | 5            | 7            | 9            | 12           | 9            | 9            | 10           |
| Rb                             | 89          | 28        | 92           | 75          | 25        | 26           | 46           | 26           | 38           | 39           | 22           | 77           |
| Sr                             | 141         | 125       | 91           | 253         | 92        | 188          | 186          | 199          | 105          | 142          | 100          | 231          |
| Y                              | 45          | 27        | 42           | 47          | 33        | 24           | 30           | 23           | 45           | 31           | 25           | 48           |
| Zr                             | 310         | 289       | 317          | 328         | 308       | 163          | 223          | 194          | 329          | 275          | 308          | 329          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0189        | R0190        | R0191        | R0192        | R0193        | R0194        | R0196        | R0197        | R0198        | R0199        | R0200        | R0201        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | Dunraigne    | VID-CAIII    | VID-Ti       | VID-CAI      | VID-T-CAII   | VID-CAII     | VID-T-CAII   | VID-T-CAII   | V2J THi      | VID-CAII     | V2J THi      | VID-T-CAII   |
| MTM83 Est                      | 226059       | 226091       | 226188       | 226189       | 226193       | 226221       | 226182       | 226123       | 226139       | 226145       | 226147       | 226241       |
| MTM83 Nord                     | 5327007      | 5327277      | 5327361      | 5327421      | 5327434      | 5327455      | 5327477      | 5327462      | 5327650      | 5327643      | 5327630      | 5327503      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 65.28        | 66.02        | 70.27        | 77.14        | 73.51        | 73.64        | 69.21        | 64           | 57.27        | 68.89        | 58.75        | 63.35        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.33        | 15.09        | 11.99        | 12.05        | 11.74        | 14.13        | 13.9         | 12.74        | 16.01        | 13.64        | 14.25        | 17.25        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.58         | 4.37         | 2.03         | 1.08         | 5.05         | 1.89         | 5.5          | 4.73         | 5.18         | 2.41         | 7.57         | 5.72         |
| CaO                            | 0.68         | 0.73         | 4.27         | 1.28         | 1.37         | 0.56         | 2.27         | 6.49         | 4.47         | 3.5          | 4.85         | 2.07         |
| MgO                            | 4.17         | 5.4          | 0.59         | 0.17         | 0.8          | 0.26         | 0.9          | 1.26         | 4.11         | 0.62         | 1.43         | 1.12         |
| Na <sub>2</sub> O              | 3.45         | 0.94         | 3.71         | 4.57         | 3.99         | 5.3          | 2.09         | 2.79         | 4.44         | 4.62         | 2.06         | 2.28         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.02         | 2.04         | 1.56         | 1.12         | 0.68         | 1.44         | 2.29         | 1.46         | 0.67         | 1.01         | 1.76         | 3.56         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | 0.03         | <0.01        | <0.01        | <0.01        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.81         | 0.77         | 0.93         | 0.59         | 0.7          | 0.85         | 0.84         | 0.82         | 1.29         | 0.82         | 1.28         | 1.12         |
| MnO                            | 0.09         | 0.06         | 0.08         | 0.03         | 0.07         | 0.02         | 0.08         | 0.15         | 0.09         | 0.04         | 0.15         | 0.08         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.327        | 0.302        | 0.211        | 0.121        | 0.162        | 0.177        | 0.189        | 0.179        | 0.217        | 0.186        | 0.226        | 0.243        |
| SrO                            | 0.01         | 0.04         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.03         | 0.02         | 0.02         | 0.02         | 0.03         | 0.03         |
| BaO                            | 0.02         | 0.03         | 0.04         | 0.03         | <0.01        | 0.05         | 0.05         | 0.01         | 0.03         | 0.02         | 0.06         | 0.08         |
| LOI                            | 3.17         | 4.09         | 4.16         | 1.48         | 1.76         | 1            | 1.82         | 5.28         | 5.99         | 3.67         | 7.03         | 2.95         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.96</b> | <b>99.89</b> | <b>99.86</b> | <b>99.68</b> | <b>99.86</b> | <b>99.34</b> | <b>99.17</b> | <b>99.94</b> | <b>99.81</b> | <b>99.44</b> | <b>99.45</b> | <b>99.84</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 290          | 270          | 350          | 360          | 120          | 480          | 570          | 230          | 360          | 240          | 580          | 750          |
| Nb                             | 10           | 9            | 8            | 9            | 9            | 11           | 10           | 9            | 8            | 10           | 8            | 13           |
| Rb                             | 22           | 50           | 47           | 26           | 23           | 37           | 65           | 37           | 19           | 27           | 59           | 105          |
| Sr                             | 68           | 340          | 145          | 97           | 168          | 123          | 229          | 168          | 158          | 108          | 223          | 182          |
| Y                              | 31           | 30           | 34           | 29           | 34           | 41           | 43           | 38           | 24           | 45           | 37           | 53           |
| Zr                             | 258          | 266          | 258          | 253          | 254          | 321          | 302          | 270          | 172          | 279          | 230          | 384          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0202        | R0203        | R0204        | R0205        | R0207        | R0208        | R0209        | R0210        | R0211        | R0212        | R0213        | R0214        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | VID CAII     | V2J TrI      | V2J TrI      | VID CAII     | VID CAI      | VID-Ti       | VID CAI      | Dunaine      | VID T CAII   | V2J TrI      | VID CAII     | V2 T         |
| MTM83 Est                      | 226283       | 226248       | 226349       | 226412       | 226480       | 226436       | 226437       | 226536       | 226574       | 226597       | 226627       | 227080       |
| MTM83 Nord                     | 5327501      | 5327559      | 5327598      | 5327577      | 5327505      | 5327458      | 5327492      | 5327326      | 5327574      | 5327666      | 5327678      | 5327704      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 70.69        | 64.56        | 64.28        | 73.22        | 71.5         | 69.39        | 71.33        | 62.01        | 71.4         | 62.54        | 71.84        | 63.31        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.47        | 14.85        | 14.01        | 14.4         | 14.47        | 12.59        | 15.1         | 17.66        | 12.44        | 13.91        | 13.9         | 14.85        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.33         | 6.52         | 6.25         | 2.35         | 2.58         | 5.45         | 0.88         | 4.51         | 5.06         | 6.31         | 1.46         | 7.15         |
| CaO                            | 2.45         | 1.75         | 4.16         | 0.8          | 1.38         | 2.19         | 1.78         | 0.61         | 1.37         | 5.7          | 2.12         | 3.16         |
| MgO                            | 0.19         | 2.24         | 2.19         | 0.28         | 0.31         | 1.58         | 0.13         | 5.4          | 0.9          | 1.93         | 0.27         | 1.78         |
| Na <sub>2</sub> O              | 6            | 5.4          | 3.42         | 4.9          | 6.8          | 1.66         | 6.96         | 3.6          | 4.11         | 1.63         | 6.16         | 2.35         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.14         | 0.44         | 1.16         | 1.43         | 0.38         | 1.97         | 0.79         | 1.18         | 0.88         | 1.98         | 0.76         | 3            |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | 0.02         | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.88         | 1.26         | 1.27         | 0.85         | 0.6          | 1.04         | 0.67         | 0.9          | 0.76         | 1.23         | 0.82         | 1.47         |
| MnO                            | 0.04         | 0.1          | 0.1          | 0.05         | 0.04         | 0.07         | 0.03         | 0.03         | 0.07         | 0.09         | 0.03         | 0.12         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.2          | 0.222        | 0.215        | 0.198        | 0.14         | 0.238        | 0.146        | 0.377        | 0.174        | 0.218        | 0.177        | 0.259        |
| SrO                            | 0.02         | 0.02         | 0.03         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 0.01         | 0.03         |
| BaO                            | 0.04         | 0.01         | 0.04         | 0.05         | <0.01        | 0.04         | 0.02         | 0.05         | 0.01         | 0.05         | 0.02         | 0.09         |
| LOI                            | 2.29         | 2.38         | 2.7          | 1.26         | 1.44         | 3.66         | 1.66         | 3.55         | 1.66         | 4.05         | 1.94         | 2.14         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.75</b> | <b>99.76</b> | <b>99.83</b> | <b>99.79</b> | <b>99.67</b> | <b>99.89</b> | <b>99.51</b> | <b>99.91</b> | <b>98.87</b> | <b>99.67</b> | <b>99.51</b> | <b>99.72</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 360          | 140          | 420          | 480          | 100          | 400          | 200          | 470          | 180          | 560          | 200          | 880          |
| Nb                             | 10           | 8            | 7            | 10           | 10           | 10           | 10           | 10           | 9            | 7            | 10           | 8            |
| Rb                             | 27           | 15           | 30           | 30           | 9            | 63           | 19           | 26           | 25           | 63           | 19           | 81           |
| Sr                             | 179          | 154          | 253          | 106          | 132          | 114          | 196          | 101          | 179          | 200          | 92           | 283          |
| Y                              | 36           | 35           | 34           | 35           | 35           | 38           | 34           | 34           | 37           | 35           | 29           | 39           |
| Zr                             | 327          | 234          | 222          | 305          | 315          | 292          | 326          | 284          | 267          | 222          | 303          | 263          |

## Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0215        | R0216        | R0217        | R0218        | R0219        | R0220        | R0222        | R0223        | R0224        | R0225        | R0226       | R0227        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Lithologie                     | VID-Ti       | Bevcon       | VID-Ti       | VID-Ti       | VID-Ti       | VID-Ti       | IZJCA        | VID-Ti       | VID-Ti       | VIC-Ti       | VID-Ti      | VID-Ti       |
| MTM83 Est                      | 227357       | 225152       | 227055       | 227055       | 227260       | 227515       | 225444       | 225451       | 225456       | 225467       | 225861      | 225873       |
| MTM83 Nord                     | 5327803      | 5327320      | 5327740      | 5327740      | 5327785      | 5327781      | 5327066      | 5327092      | 5327102      | 5327088      | 5327182     | 5327194      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |             |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 60.38        | 62.01        | 66.27        | 58.05        | 69.23        | 66.87        | 59.1         | 64.25        | 30.56        | 71.03        | 66.19       | 62.79        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17.69        | 19.33        | 14.67        | 17.78        | 13.31        | 14.44        | 17.48        | 15.71        | 28.01        | 12.88        | 14.53       | 15.52        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.73         | 4.63         | 4.76         | 6.96         | 2.81         | 4.71         | 7.2          | 4.51         | 9.45         | 4.98         | 6.42        | 5.33         |
| CaO                            | 3.34         | 0.22         | 1.7          | 1.32         | 2.87         | 3.12         | 0.53         | 0.35         | 0.92         | 0.38         | 0.44        | 0.52         |
| MgO                            | 1.63         | 5.66         | 1.63         | 3.32         | 1            | 0.86         | 4.61         | 6.78         | 17.62        | 3.15         | 5.03        | 8.02         |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.72         | 1.1          | 6.65         | 6.98         | 6.08         | 1.54         | 0.33         | 0.22         | 0.42         | 0.24         | 0.27        | 0.29         |
| K <sub>2</sub> O               | 3.04         | 1.73         | 0.12         | 0.28         | 0.51         | 2.84         | 2.67         | 2.09         | 1.52         | 2.29         | 1.86        | 1.46         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | <0.01        | <0.01        | 0.02         | 0.02         | <0.01        | 0.01        | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.3          | 0.52         | 1.04         | 1.35         | 0.93         | 0.87         | 2.08         | 0.63         | 1.5          | 0.49         | 0.74        | 0.8          |
| MnO                            | 0.06         | 0.01         | 0.07         | 0.1          | 0.06         | 0.09         | 0.07         | 0.06         | 0.12         | 0.03         | 0.1         | 0.11         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.245        | 0.106        | 0.214        | 0.255        | 0.209        | 0.189        | 0.346        | 0.262        | 0.531        | 0.296        | 0.294       | 0.336        |
| SrO                            | 0.02         | 0.01         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.01         | 0.03         | 0.02         | 0.03         | 0.02         | 0.03        | 0.02         |
| BaO                            | 0.05         | 0.03         | <0.01        | 0.01         | 0.03         | 0.06         | 0.14         | 0.06         | 0.04         | 0.05         | 0.05        | 0.01         |
| LOI                            | 4.67         | 4.5          | 2.17         | 2.88         | 2.78         | 4.25         | 4.07         | 4.3          | 9.22         | 3.52         | 3.84        | 4.75         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.87</b> | <b>99.86</b> | <b>99.33</b> | <b>99.32</b> | <b>99.86</b> | <b>99.85</b> | <b>98.67</b> | <b>99.26</b> | <b>99.97</b> | <b>99.36</b> | <b>99.8</b> | <b>99.97</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |             |              |
| Ba                             | 460          | 270          | 60           | 150          | 300          | 530          | 1270         | 590          | 390          | 550          | 510         | 180          |
| Nb                             | 8            | 4            | 7            | 9            | 7            | 10           | 9            | 8            | 17           | 9            | 9           | 9            |
| Rb                             | 80           | 29           | 3            | 8            | 15           | 75           | 57           | 45           | 35           | 49           | 36          | 30           |
| Sr                             | 121          | 78           | 226          | 268          | 202          | 99           | 268          | 183          | 351          | 191          | 212         | 120          |
| Y                              | 39           | 22           | 35           | 42           | 31           | 41           | 18           | 28           | 56           | 32           | 29          | 30           |
| Zr                             | 296          | 132          | 246          | 316          | 217          | 316          | 227          | 227          | 507          | 280          | 250         | 265          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0228        | R0229        | R0230        | R0231        | R0232        | R0234        | R0235        | R0236        | R0238        | R0239        | R0381        | R0385        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | VID.Ti       | VID.T.CAI    | VID.T.CAI    | IZ.T.H       | IZ.T.H       |
| MTM83 Est                      | 225874       | 225858       | 226128       | 226137       | 226130       | 227369       | 227365       | 225152       | 227329       | 227351       | 224574       | 224651       |
| MTM83 Nord                     | 5327214      | 5327190      | 5327318      | 5327320      | 5327333      | 5327666      | 5327671      | 5327320      | 5327674      | 5327669      | 5327185      | 5327171      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 63.69        | 63.65        | 73.78        | 67.67        | 57.09        | 54.26        | 67.28        | 70.14        | 63.13        | 64.49        | 60.5         | 56.52        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.36        | 14.75        | 8.52         | 12.67        | 21.6         | 17.84        | 13.81        | 12.18        | 15.63        | 16.38        | 17.71        | 19.12        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.1          | 5.72         | 7.61         | 7.34         | 6.68         | 9.14         | 7.74         | 3.08         | 5.37         | 6.24         | 4.68         | 6.95         |
| CaO                            | 0.54         | 0.58         | 0.21         | 0.26         | 0.5          | 0.5          | 0.35         | 3.94         | 0.84         | 0.47         | 6.14         | 5.39         |
| MgO                            | 8.16         | 7.69         | 1.38         | 0.78         | 1.98         | 8.55         | 2.13         | 0.73         | 6.22         | 4.09         | 2.48         | 3.16         |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.19         | 0.17         | 0.2          | 0.5          | 1.64         | 0.29         | 0.36         | 3.43         | 0.83         | 0.39         | 4.33         | 3.4          |
| K <sub>2</sub> O               | 1.47         | 1.33         | 1.63         | 2.74         | 4.09         | 1.74         | 2.5          | 0.83         | 1.91         | 2.58         | 0.39         | 1.01         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.03         | 0.01         | 0.03         | 0.04         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.9          | 0.78         | 0.55         | 0.78         | 1.72         | 0.97         | 0.76         | 1.16         | 0.82         | 0.82         | 0.91         | 1.01         |
| MnO                            | 0.07         | 0.11         | 0.01         | 0.01         | 0.06         | 0.09         | 0.05         | 0.07         | 0.06         | 0.13         | 0.07         | 0.13         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.312        | 0.334        | 0.176        | 0.21         | 0.376        | 0.385        | 0.332        | 0.273        | 0.347        | 0.356        | 0.154        | 0.17         |
| SrO                            | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.03         | 0.04         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.03         | 0.03         | 0.03         | 0.04         |
| BaO                            | 0.02         | 0.02         | 0.04         | 0.06         | 0.09         | 0.03         | 0.05         | 0.02         | 0.03         | 0.06         | 0.02         | 0.04         |
| LOI                            | 4.79         | 4.52         | 4.47         | 5.4          | 3.79         | 5.53         | 4.26         | 4.02         | 4.44         | 3.72         | 2.29         | 2.77         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.65</b> | <b>99.67</b> | <b>98.63</b> | <b>98.48</b> | <b>99.66</b> | <b>99.36</b> | <b>99.65</b> | <b>99.89</b> | <b>99.66</b> | <b>99.76</b> | <b>99.71</b> | <b>99.72</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 300          | 200          | 590          | 650          | 840          | 380          | 520          | 260          | 310          | 530          | 200          | 360          |
| Nb                             | 10           | 8            | 6            | 8            | 13           | 11           | 8            | 9            | 9            | 10           | 6            | 7            |
| Rb                             | 30           | 26           | 36           | 60           | 112          | 37           | 56           | 28           | 44           | 57           | 11           | 27           |
| Sr                             | 121          | 121          | 153          | 253          | 360          | 129          | 170          | 135          | 219          | 201          | 244          | 328          |
| Y                              | 28           | 30           | 17           | 24           | 58           | 36           | 30           | 39           | 32           | 32           | 27           | 31           |
| Zr                             | 276          | 247          | 147          | 203          | 475          | 300          | 238          | 269          | 263          | 275          | 165          | 180          |



Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0386         | R0387        | R0389        | R0390        | R0391        | R0393        | R0394      | R0395        | R0396        | R0397        | R0398        | R0399        |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | 12F           | 12J Th       | VIC T CA     | VIC T CA     | V2J CA I     | V2J CA I     | V2J Th     | 12F          | VID T CAI    | VID T CAI    | 12F          | VID T CAI    |
| MTM83 Est                      | 224611        | 224790       | 224622       | 224630       | 224582       | 224838       | 224835     | 224872       | 224865       | 224874       | 224901       | 224900       |
| MTM83 Nord                     | 5327140       | 5327191      | 5327156      | 5327151      | 5327106      | 5327087      | 5327084    | 5326851      | 5326848      | 5326854      | 5326893      | 5326889      |
| %                              |               |              |              |              |              |              |            |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 60.33         | 55.46        | 70.65        | 74.79        | 60.97        | 70.7         | 62.82      | 60.81        | 64.53        | 64.85        | 59.01        | 63.71        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.07         | 20.13        | 15.02        | 13.06        | 17.36        | 15.29        | 16.12      | 16.26        | 14.89        | 12.34        | 15.91        | 15.55        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.83          | 5.8          | 3.49         | 2.74         | 5.56         | 2.59         | 7.21       | 3.56         | 6.66         | 6.94         | 3.31         | 4.87         |
| CaO                            | 4.59          | 6.88         | 1.02         | 1.22         | 2.53         | 0.58         | 0.81       | 3.51         | 0.43         | 1.9          | 4.22         | 0.86         |
| MgO                            | 2.68          | 2.37         | 1.12         | 0.81         | 1.25         | 0.8          | 2.42       | 2.15         | 5.5          | 4.79         | 3.01         | 5.07         |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.45          | 3.94         | 3.23         | 1.97         | 4.48         | 7.13         | 6.17       | 2.87         | 0.17         | 0.15         | 3.57         | 3.68         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.38          | 0.83         | 1.92         | 2.11         | 2.03         | 0.32         | 0.33       | 3.17         | 2.25         | 1.91         | 2.44         | 0.97         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01          | 0.01         | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01        | <0.01      | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.34          | 1.03         | 0.44         | 0.36         | 1.36         | 1.19         | 1.31       | 0.34         | 0.76         | 0.67         | 0.34         | 0.8          |
| MnO                            | 0.08          | 0.11         | 0.04         | 0.02         | 0.08         | 0.04         | 0.09       | 0.09         | 0.07         | 0.08         | 0.09         | 0.05         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.136         | 0.168        | 0.081        | 0.061        | 0.314        | 0.237        | 0.247      | 0.125        | 0.325        | 0.292        | 0.123        | 0.344        |
| SrO                            | 0.03          | 0.04         | 0.02         | 0.03         | 0.03         | 0.02         | 0.02       | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.03         | 0.02         |
| BaO                            | 0.04          | 0.03         | 0.04         | 0.04         | 0.08         | 0.02         | 0.02       | 0.07         | 0.05         | 0.04         | 0.13         | 0.02         |
| LOI                            | 6.06          | 2.94         | 2.47         | 2.53         | 3.52         | 1.01         | 2.44       | 6.53         | 3.91         | 5.45         | 7.69         | 3.51         |
| <b>Total</b>                   | <b>100.05</b> | <b>99.73</b> | <b>99.54</b> | <b>99.74</b> | <b>99.56</b> | <b>99.91</b> | <b>100</b> | <b>99.52</b> | <b>99.56</b> | <b>99.43</b> | <b>99.89</b> | <b>99.47</b> |
| ppm                            |               |              |              |              |              |              |            |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 370           | 240          | 380          | 370          | 750          | 160          | 220        | 680          | 490          | 450          | 1130         | 210          |
| Nb                             | 4             | 6            | 9            | 8            | 9            | 8            | 8          | 4            | 8            | 7            | 5            | 9            |
| Rb                             | 39            | 23           | 49           | 55           | 66           | 10           | 11         | 67           | 45           | 39           | 51           | 19           |
| Sr                             | 304           | 341          | 105          | 142          | 167          | 112          | 99         | 148          | 44           | 61           | 246          | 105          |
| Y                              | 8             | 31           | 37           | 31           | 40           | 27           | 35         | 8            | 30           | 25           | 8            | 33           |
| Zr                             | 82            | 189          | 299          | 273          | 278          | 249          | 233        | 89           | 246          | 205          | 90           | 263          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0400        | R0401       | R0402        | R0405       | R0406        | R0407        | R0408        | R0409        | R0410        | R0411        | R0412        | R0413        |
|--------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | VID T CAI    | VID T CAI   | VID T CAI    | VID-Ti      | VID T CAI    | VID T CAI    | VID T CAI    | VID T CAI    | VIC T CA     | VID T CAI    | VID T CAI    | VID-Ti       |
| MTM83 Est                      | 224907       | 224881      | 224834       | 224542      | 224581       | 224576       | 224698       | 224736       | 224786       | 224577       | 224636       | 224586       |
| MTM83 Nord                     | 5326894      | 5326908     | 5326910      | 5327024     | 5326951      | 5326934      | 5326935      | 5326934      | 5326934      | 5327083      | 5327090      | 5327050      |
|                                | %            |             |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 62.06        | 65.4        | 62.41        | 70.97       | 65.08        | 65.24        | 68.9         | 64.55        | 69.08        | 66.51        | 66.98        | 68.01        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.39        | 14.75       | 16.52        | 15.05       | 14.99        | 15.25        | 13.07        | 16.02        | 15.59        | 17.48        | 16.3         | 14.93        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7.2          | 6.35        | 6.33         | 2.55        | 6.61         | 5.58         | 6.17         | 5.75         | 3.46         | 4.63         | 3.04         | 3.19         |
| CaO                            | 0.5          | 0.44        | 0.58         | 0.84        | 0.37         | 0.41         | 0.38         | 0.47         | 0.33         | 0.24         | 1.41         | 2.5          |
| MgO                            | 5.35         | 4.85        | 5.12         | 0.5         | 4.17         | 4.02         | 3.91         | 4.23         | 2.15         | 1.44         | 1.36         | 0.68         |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.2          | 0.88        | 0.99         | 4.71        | 0.19         | 0.22         | 0.25         | 1.12         | 0.53         | 2.76         | 4.7          | 4.98         |
| K <sub>2</sub> O               | 2.76         | 2.16        | 2.49         | 1.64        | 2.95         | 2.89         | 2.09         | 2.51         | 3.37         | 2.77         | 1.44         | 1.3          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01        | 0.01         | 0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | <0.01        | <0.01        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.84         | 0.75        | 0.85         | 1.21        | 0.76         | 0.78         | 0.65         | 0.82         | 0.53         | 0.87         | 0.48         | 1.2          |
| MnO                            | 0.05         | 0.07        | 0.1          | 0.02        | 0.07         | 0.07         | 0.1          | 0.08         | 0.05         | 0.04         | 0.03         | 0.05         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.363        | 0.325       | 0.354        | 0.307       | 0.317        | 0.336        | 0.287        | 0.346        | 0.271        | 0.171        | 0.151        | 0.308        |
| SrO                            | 0.01         | 0.01        | 0.01         | 0.01        | 0.05         | 0.03         | 0.02         | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.01         |
| BaO                            | 0.09         | 0.07        | 0.06         | 0.04        | 0.18         | 0.09         | 0.08         | 0.09         | 0.12         | 0.07         | 0.04         | 0.04         |
| LOI                            | 4            | 3.54        | 3.86         | 1.44        | 3.82         | 3.59         | 3.23         | 3.62         | 2.79         | 2.83         | 2.63         | 2.79         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.82</b> | <b>99.6</b> | <b>99.69</b> | <b>99.3</b> | <b>99.57</b> | <b>98.53</b> | <b>99.14</b> | <b>99.63</b> | <b>98.28</b> | <b>99.83</b> | <b>98.59</b> | <b>99.99</b> |
|                                | ppm          |             |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 770          | 610         | 560          | 390         | 1650         | 830          | 720          | 720          | 1020         | 570          | 340          | 300          |
| Nb                             | 11           | 9           | 8            | 11          | 9            | 9            | 8            | 10           | 15           | 9            | 8            | 12           |
| Rb                             | 55           | 42          | 45           | 50          | 70           | 65           | 42           | 49           | 67           | 75           | 42           | 41           |
| Sr                             | 114          | 65          | 81           | 90          | 412          | 304          | 136          | 191          | 125          | 123          | 198          | 104          |
| Y                              | 33           | 36          | 37           | 37          | 33           | 30           | 27           | 33           | 43           | 32           | 14           | 37           |
| Zr                             | 267          | 258         | 267          | 316         | 272          | 267          | 219          | 272          | 389          | 244          | 160          | 310          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0414        | R0415        | R0416        | R0417        | R0418        | R0419        | R0420        | R0421        | R0422        | R0423        | R0424        | R0425        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VIDTCAI      | VICTCA       | VIDTCAI      | VICTCA       | V2JCAII      |
| MTM83 Est                      | 225056       | 225055       | 224949       | 224937       | 224939       | 224918       | 224879       | 224965       | 224941       | 224932       | 224855       | 224831       |
| MTM83 Nord                     | 5326829      | 5326855      | 5326864      | 5326774      | 5326797      | 5326814      | 5326823      | 5326884      | 5326923      | 5326951      | 5327036      | 5327041      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 65.58        | 64.74        | 63.55        | 68.91        | 64.4         | 63.62        | 64.63        | 64.89        | 70.67        | 68.82        | 76.96        | 67.12        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.2         | 14.33        | 15.27        | 14.02        | 15.58        | 15.14        | 15.41        | 14.86        | 13.2         | 14.32        | 12.05        | 17.91        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.82         | 7.16         | 6.16         | 5.22         | 5.84         | 4.69         | 6.63         | 6.16         | 4.92         | 5.67         | 2.72         | 2.19         |
| CaO                            | 1.08         | 0.39         | 0.48         | 0.9          | 0.81         | 2.07         | 0.55         | 0.33         | 0.37         | 0.41         | 0.68         | 1.37         |
| MgO                            | 4.06         | 5.37         | 5.08         | 2.28         | 4.28         | 2.98         | 3.82         | 5.65         | 2.65         | 3.18         | 1.02         | 0.38         |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.46         | 0.22         | 1.92         | 0.51         | 0.63         | 1.6          | 0.6          | 0.21         | 0.28         | 0.36         | 0.92         | 6.52         |
| K <sub>2</sub> O               | 2.32         | 2.09         | 1.64         | 2.74         | 2.55         | 2.38         | 2.53         | 2.35         | 2.76         | 2.7          | 2.12         | 1.48         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | <0.01        | <0.01        | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.73         | 0.75         | 0.77         | 0.86         | 0.78         | 0.78         | 0.78         | 0.77         | 0.45         | 0.77         | 0.4          | 0.64         |
| MnO                            | 0.1          | 0.11         | 0.09         | 0.13         | 0.2          | 0.11         | 0.07         | 0.06         | 0.05         | 0.08         | 0.04         | 0.05         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.319        | 0.301        | 0.326        | 0.267        | 0.336        | 0.335        | 0.334        | 0.273        | 0.298        | 0.321        | 0.3          | 0.118        |
| SrO                            | 0.01         | <0.01        | 0.01         | <0.01        | 0.01         | 0.01         | 0.01         | <0.01        | <0.01        | 0.01         | 0.03         | 0.02         |
| BaO                            | 0.06         | 0.06         | 0.04         | 0.05         | 0.06         | 0.08         | 0.07         | 0.06         | 0.08         | 0.12         | 0.04         | 0.03         |
| LOI                            | 4.31         | 3.93         | 3.63         | 3.56         | 4.18         | 5.09         | 3.59         | 4.09         | 2.97         | 3.07         | 2.29         | 2.04         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.06</b> | <b>99.47</b> | <b>98.97</b> | <b>99.45</b> | <b>99.67</b> | <b>98.91</b> | <b>99.03</b> | <b>99.72</b> | <b>98.71</b> | <b>99.83</b> | <b>99.56</b> | <b>99.88</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 520          | 520          | 350          | 470          | 500          | 770          | 560          | 540          | 740          | 1050         | 330          | 290          |
| Nb                             | 10           | 9            | 9            | 9            | 9            | 9            | 9            | 9            | 10           | 10           | 10           | 6            |
| Rb                             | 49           | 43           | 34           | 59           | 53           | 50           | 51           | 48           | 57           | 54           | 67           | 50           |
| Sr                             | 52           | 23           | 45           | 39           | 61           | 126          | 49           | 38           | 45           | 56           | 213          | 139          |
| Y                              | 31           | 33           | 32           | 35           | 32           | 31           | 30           | 31           | 33           | 30           | 39           | 18           |
| Zr                             | 244          | 241          | 258          | 211          | 257          | 257          | 257          | 250          | 305          | 265          | 284          | 176          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0426        | R0427        | R0428        | R0429        | R0430       | R0431        | R0432        | R0433        | R0434        | R0435        | R0436        | R0437        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | Dunraie      | VID CAIII    | VID CAIII    | VID CAIII    | VID CAIII   | V2J CAJ      | VID CAIII    | VID CAIII    | VID CAIII    | V2J CAJ      | V2J CAJ      | V2J CAJ      |
| MTM83 Est                      | 225538       | 225538       | 225237       | 225152       | 225090      | 225029       | 224935       | 224946       | 224943       | 225011       | 225006       | 224955       |
| MTM83 Nord                     | 5326619      | 5326619      | 5326532      | 5326530      | 5326516     | 5326450      | 5326548      | 5326532      | 5326498      | 5326434      | 5326425      | 5326418      |
| %                              |              |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 61.52        | 66.06        | 48.47        | 69.04        | 74.49       | 56.5         | 63.59        | 61.85        | 61.76        | 48.7         | 54.24        | 53.22        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.88        | 15.33        | 24.15        | 12.92        | 10.62       | 15.94        | 15.29        | 16.83        | 16.32        | 13.35        | 13.23        | 11.79        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.03         | 4.58         | 6.6          | 4.79         | 2.01        | 5.54         | 5.33         | 5.25         | 7.15         | 4.3          | 5.31         | 5.02         |
| CaO                            | 2.05         | 0.46         | 0.79         | 0.82         | 3.07        | 4.16         | 0.92         | 0.6          | 0.79         | 8.36         | 5.78         | 6.91         |
| MgO                            | 4.15         | 3.46         | 4.94         | 2.72         | 1.04        | 4.71         | 3.38         | 2.74         | 3            | 4.72         | 5.35         | 4.78         |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.69         | 3.25         | 3.26         | 3.64         | 3.52        | 3.2          | 3.88         | 4.88         | 1.81         | 4.02         | 2.73         | 2.83         |
| K <sub>2</sub> O               | 2.2          | 1.9          | 4.18         | 0.92         | 0.94        | 1.47         | 1.98         | 2.16         | 2.58         | 1.48         | 0.75         | 0.89         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | 0.02         | <0.01        | <0.01       | 0.03         | <0.01        | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.07         | 0.06         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.78         | 0.79         | 1.26         | 0.65         | 0.53        | 0.76         | 0.79         | 0.89         | 0.85         | 0.62         | 0.65         | 0.61         |
| MnO                            | 0.08         | 0.03         | 0.03         | 0.05         | 0.04        | 0.09         | 0.06         | 0.05         | 0.11         | 0.15         | 0.09         | 0.14         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.337        | 0.336        | 0.522        | 0.293        | 0.234       | 0.294        | 0.324        | 0.363        | 0.37         | 0.257        | 0.236        | 0.25         |
| SrO                            | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.02        | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.03         | 0.02         |
| BaO                            | 0.05         | 0.05         | 0.1          | 0.03         | 0.03        | 0.06         | 0.05         | 0.06         | 0.05         | 0.09         | 0.03         | 0.04         |
| LOI                            | 5.23         | 2.79         | 4.51         | 2.54         | 3.25        | 7.14         | 3.31         | 2.54         | 3.68         | 13.3         | 10.65        | 11.55        |
| <b>Total</b>                   | <b>99.01</b> | <b>99.05</b> | <b>98.84</b> | <b>98.43</b> | <b>99.8</b> | <b>99.91</b> | <b>98.92</b> | <b>98.24</b> | <b>98.49</b> | <b>99.38</b> | <b>99.15</b> | <b>98.11</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 480          | 470          | 960          | 360          | 350         | 560          | 480          | 630          | 480          | 870          | 320          | 430          |
| Nb                             | 8            | 8            | 12           | 7            | 5           | 7            | 8            | 8            | 9            | 6            | 5            | 5            |
| Rb                             | 55           | 48           | 107          | 23           | 24          | 35           | 35           | 41           | 69           | 41           | 24           | 29           |
| Sr                             | 98           | 67           | 118          | 81           | 139         | 125          | 78           | 86           | 120          | 141          | 210          | 122          |
| Y                              | 34           | 34           | 56           | 26           | 22          | 26           | 32           | 36           | 40           | 27           | 19           | 22           |
| Zr                             | 226          | 236          | 383          | 196          | 162         | 191          | 232          | 263          | 260          | 162          | 158          | 137          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0438        | R0702        | R0703        | R0704       | R0705        | R0706        | R0707       | R0708        | R0709        | R0710        | R0711        | R0712        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | V2J CAII     | VID T CAI    | V2J CAII     | VID Tr      | VID CAIII    | V3A Th       | V2 seds     | V2J TrII     | V2J TrII     | V3A Th       | I3A Th       | V2 T Th      |
| MTM83 Est                      | 224835       | 224806       | 224864       | 224798      | 224765       | 224484       | 224460      | 224488       | 224404       | 224326       | 224243       | 224235       |
| MTM83 Nord                     | 5326443      | 5326423      | 5326410      | 5326339     | 5326341      | 5326098      | 5326312     | 5326370      | 5326382      | 5326201      | 5326129      | 5326128      |
| %                              |              |              |              |             |              |              |             |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 56.51        | 61.25        | 50.21        | 75.49       | 66.92        | 51.47        | 65.84       | 62.73        | 69.27        | 45.72        | 48.97        | 53.65        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.53        | 15.6         | 12.98        | 13.09       | 16.93        | 18.74        | 18.12       | 16.2         | 14.38        | 19.1         | 18.64        | 17.24        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5.7          | 4.58         | 5.38         | 2.11        | 3.71         | 9.59         | 2.22        | 4.18         | 2.95         | 10.4         | 8.71         | 6.72         |
| CaO                            | 3.11         | 2.98         | 7.66         | 0.3         | 1.22         | 4.37         | 1.83        | 3.58         | 2.51         | 9.47         | 3.64         | 5.78         |
| MgO                            | 4.48         | 2.75         | 5.67         | 0.35        | 0.94         | 5.28         | 0.49        | 0.41         | 0.32         | 5.28         | 7.23         | 4.7          |
| Na <sub>2</sub> O              | 2.75         | 2.08         | 3.52         | 4.28        | 1.92         | 3.94         | 4.43        | 4.58         | 4.49         | 2.35         | 2.11         | 2.14         |
| K <sub>2</sub> O               | 1.97         | 2.42         | 0.54         | 1.14        | 2.43         | 0.01         | 1.56        | 1.56         | 1.01         | 0.06         | 1.01         | 0.59         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.03         | 0.02         | 0.07         | <0.01       | <0.01        | <0.01        | <0.01       | <0.01        | <0.01        | 0.14         | 0.02         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.79         | 0.89         | 0.6          | 0.51        | 0.99         | 0.75         | 0.87        | 1.33         | 1.17         | 0.98         | 0.53         | 0.82         |
| MnO                            | 0.07         | 0.05         | 0.14         | 0.03        | 0.06         | 0.18         | 0.03        | 0.05         | 0.05         | 0.16         | 0.15         | 0.12         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.305        | 0.357        | 0.229        | 0.079       | 0.366        | 0.081        | 0.23        | 0.248        | 0.236        | 0.102        | 0.078        | 0.182        |
| SrO                            | 0.02         | 0.02         | 0.02         | 0.01        | 0.03         | 0.02         | 0.02        | 0.02         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.02         |
| BaO                            | 0.06         | 0.05         | 0.06         | 0.04        | 0.06         | 0.01         | 0.04        | 0.05         | 0.02         | 0.01         | 0.05         | 0.02         |
| LOI                            | 6.81         | 5.65         | 12.75        | 1.28        | 3.12         | 4.61         | 3.02        | 4.06         | 2.9          | 6.05         | 7.37         | 7.77         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.12</b> | <b>98.69</b> | <b>99.83</b> | <b>98.7</b> | <b>98.68</b> | <b>99.05</b> | <b>98.7</b> | <b>98.99</b> | <b>99.33</b> | <b>99.84</b> | <b>98.53</b> | <b>99.76</b> |
| ppm                            |              |              |              |             |              |              |             |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 540          | 380          | 480          | 370         | 500          | 20           | 350         | 430          | 190          | 40           | 500          | 180          |
| Nb                             | 7            | 9            | 5            | 6           | 10           | 2            | 9           | 6            | 6            | 3            | 2            | 5            |
| Rb                             | 43           | 81           | 19           | 42          | 103          | <2           | 47          | 49           | 34           | 2            | 28           | 14           |
| Sr                             | 135          | 134          | 185          | 93          | 234          | 201          | 186         | 147          | 96           | 180          | 102          | 185          |
| Y                              | 30           | 40           | 18           | 33          | 43           | 18           | 17          | 34           | 28           | 23           | 19           | 31           |
| Zr                             | 204          | 256          | 145          | 232         | 295          | 62           | 167         | 211          | 183          | 84           | 45           | 120          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0713        | R0714        | R0715        | R0716       | R0717        | R0719        | R0720        | R0721        | R0722        | R0723        | R0724        | R0725        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | 12F          | 12J Trf      | V3A Th       | V2J Trf     | V3A Th       | V2J Trf      | V2J Trf      | V2 T         | V2J CAJ      | V2J CAJ      | VID T CAJ    | V2J Trf      |
| MTM83 Est                      | 223854       | 223857       | 224246       | 224271      | 224184       | 224171       | 224219       | 224178       | 224093       | 224084       | 224084       | 224007       |
| MTM83 Nord                     | 5326072      | 5326070      | 5326262      | 5326353     | 5326273      | 5326359      | 5326382      | 5326413      | 5326486      | 5326475      | 5326455      | 5326385      |
| %                              |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 60.78        | 66.93        | 49.74        | 64.62       | 49.01        | 64.03        | 67.97        | 64.20        | 53.51        | 60.72        | 64.14        | 61.06        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.03        | 14.36        | 19.09        | 15.43       | 18.04        | 16.84        | 14.48        | 19.68        | 15.60        | 14.31        | 14.07        | 16.54        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.85         | 6.19         | 10.28        | 4.5         | 9.58         | 5.30         | 3.39         | 3.61         | 6.26         | 5.43         | 4.27         | 5.80         |
| CaO                            | 4.6          | 1.57         | 5.42         | 2.63        | 9.61         | 2.04         | 2.59         | 0.82         | 3.35         | 3.83         | 3.39         | 2.65         |
| MgO                            | 3.34         | 0.63         | 4.71         | 0.51        | 4.48         | 0.79         | 0.90         | 0.77         | 8.20         | 3.88         | 1.70         | 1.89         |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.51         | 6.09         | 2.82         | 5.21        | 1.7          | 3.75         | 4.07         | 2.22         | 3.35         | 2.40         | 3.13         | 6.00         |
| K <sub>2</sub> O               | 0.74         | 0.53         | 1.07         | 0.73        | 0.32         | 1.77         | 1.18         | 2.73         | 0.64         | 1.44         | 1.73         | 0.37         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | <0.01        | 0.01         | <0.01       | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.08         | 0.03         | 0.01         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.31         | 0.83         | 1.18         | 1.27        | 1.09         | 1.37         | 1.17         | 1.44         | 0.71         | 0.66         | 0.85         | 1.32         |
| MnO                            | 0.06         | 0.05         | 0.15         | 0.06        | 0.14         | 0.05         | 0.06         | 0.08         | 0.10         | 0.06         | 0.07         | 0.07         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.114        | 0.171        | 0.106        | 0.239       | 0.104        | 0.26         | 0.22         | 0.26         | 0.25         | 0.21         | 0.41         | 0.26         |
| SrO                            | 0.05         | 0.01         | 0.02         | 0.01        | 0.02         | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| BaO                            | 0.08         | 0.04         | 0.06         | 0.03        | 0.02         | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| LOI                            | 4.29         | 1.07         | 4.58         | 3.16        | 5.23         | 3.21         | 3.43         | 3.44         | 7.47         | 6.16         | 5.08         | 3.47         |
| <b>Total</b>                   | <b>98.77</b> | <b>98.46</b> | <b>99.24</b> | <b>98.4</b> | <b>99.37</b> | <b>99.47</b> | <b>99.52</b> | <b>99.40</b> | <b>99.58</b> | <b>99.17</b> | <b>98.89</b> | <b>99.46</b> |
| ppm                            |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 750          | 290          | 520          | 260         | 130          | 380          | 350          | 970          | 530          | 300          | 290          | 160          |
| Nb                             | 4            | 5            | 3            | 7           | 3            | 7            | 6            | 7            | 6            | 6            | 9            | 7            |
| Rb                             | 22           | 14           | 30           | 26          | 9            | 82           | 47           | 94           | 17           | 41           | 50           | 16           |
| Sr                             | 403          | 111          | 183          | 105         | 215          | 128          | 154          | 337          | 128          | 162          | 141          | 84           |
| Y                              | 8            | 27           | 28           | 27          | 24           | 42           | 31           | 37           | 22           | 25           | 35           | 29           |
| Zr                             | 87           | 176          | 81           | 199         | 80           | 219          | 187          | 318          | 192          | 192          | 281          | 209          |



Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0726        | R0727        | R0728        | R0729        | R0730        | R0731        | R0732        | R0733        | R0734        | R0735        | R0736        | R0737        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | V2J TrII     | V3A Th       | I2J TrII     | V2J TrII     | V2J TrII     | I3A Th       | I2J TrII     | I2J TrII     | V2J TrII     | V3A Th       | V3A Th       | VID Tr       |
| MTM83 Est                      | 224103       | 224067       | 224102       | 223934       | 223850       | 223848       | 223867       | 223819       | 223803       | 223607       | 223632       | 224650       |
| MTM83 Nord                     | 5326378      | 5326263      | 5326245      | 5326379      | 5326336      | 5326202      | 5326203      | 5326243      | 5326356      | 5326127      | 5326203      | 5326754      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 67.38        | 50.88        | 51.20        | 66.70        | 67.85        | 50.05        | 52.59        | 49.80        | 57.32        | 51.93        | 50.19        | 69.54        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.52        | 17.76        | 18.75        | 14.81        | 15.08        | 18.77        | 18.16        | 19.54        | 19.96        | 16.51        | 18.88        | 13.26        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.68         | 9.62         | 8.43         | 3.11         | 3.15         | 8.52         | 9.05         | 8.33         | 4.98         | 7.40         | 6.42         | 5.75         |
| CaO                            | 2.45         | 5.70         | 6.57         | 2.99         | 3.07         | 4.42         | 5.66         | 9.16         | 3.43         | 7.44         | 8.31         | 0.39         |
| MgO                            | 0.69         | 6.11         | 5.95         | 0.92         | 0.38         | 8.09         | 5.57         | 4.58         | 0.75         | 5.78         | 2.76         | 3.96         |
| Na <sub>2</sub> O              | 6.00         | 2.78         | 3.15         | 4.05         | 4.44         | 2.59         | 2.77         | 2.10         | 5.94         | 3.09         | 5.84         | 0.41         |
| K <sub>2</sub> O               | 0.64         | 0.16         | 0.09         | 1.37         | 1.05         | 0.65         | 0.20         | 0.10         | 1.40         | 0.09         | 0.07         | 2.08         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.02         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.03         | 0.01         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.24         | 1.06         | 1.06         | 1.19         | 1.21         | 0.53         | 1.08         | 1.01         | 1.79         | 0.80         | 0.91         | 0.54         |
| MnO                            | 0.05         | 0.15         | 0.11         | 0.06         | 0.09         | 0.13         | 0.13         | 0.12         | 0.11         | 0.14         | 0.17         | 0.08         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.25         | 0.10         | 0.19         | 0.24         | 0.24         | 0.08         | 0.22         | 0.12         | 0.33         | 0.12         | 0.11         | 0.30         |
| SrO                            | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| BaO                            | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| LOI                            | 2.67         | 5.21         | 4.15         | 3.60         | 3.08         | 5.93         | 4.18         | 4.64         | 3.79         | 6.15         | 6.14         | 3.35         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.60</b> | <b>99.57</b> | <b>99.70</b> | <b>99.10</b> | <b>99.70</b> | <b>99.86</b> | <b>99.64</b> | <b>99.57</b> | <b>99.86</b> | <b>99.50</b> | <b>99.82</b> | <b>99.70</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 240          | 50           | 40           | 560          | 170          | 660          | 130          | 50           | 320          | 100          | 50           | 360          |
| Nb                             | 7            | 3            | 4            | 6            | 6            | 2            | 5            | 4            | 8            | 3            | 4            | 8            |
| Rb                             | 27           | 5            | 3            | 58           | 43           | 18           | 6            | 3            | 67           | 3            | 2            | 41           |
| Sr                             | 114          | 169          | 285          | 114          | 112          | 162          | 252          | 503          | 130          | 192          | 104          | 27           |
| Y                              | 27           | 23           | 22           | 34           | 32           | 17           | 23           | 28           | 45           | 16           | 24           | 43           |
| Zr                             | 200          | 76           | 118          | 196          | 189          | 46           | 123          | 131          | 289          | 78           | 90           | 220          |

Appendice A – Résultats d'analyses des éléments majeurs et traces des roches volcaniques par XRF (suite).

| Échantillon                    | R0738        | R0739        | R0740        | R0741        | R0742        | R0743        | R0744        | R0745        | R0746        | R0747        | R0748        | R0749        |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Lithologie                     | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      | V2 T Th      |
| MTM83 Est                      | 224646       | 224673       | 224678       | 224742       | 224732       | 224722       | 224823       | 224867       | 224358       | 224360       | 224348       | 224368       |
| MTM83 Nord                     | 5326783      | 5326796      | 5326815      | 5326820      | 5326810      | 5326775      | 5326719      | 5326717      | 5326382      | 5326390      | 5326456      | 5326565      |
| %                              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| SiO <sub>2</sub>               | 65.33        | 65.00        | 66.89        | 67.20        | 64.25        | 68.04        | 66.00        | 63.95        | 73.19        | 69.69        | 50.51        | 64.64        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.71        | 15.15        | 13.90        | 14.55        | 14.04        | 14.41        | 15.32        | 14.36        | 14.25        | 15.73        | 13.09        | 14.29        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6.82         | 6.52         | 6.84         | 6.38         | 8.53         | 5.90         | 5.18         | 4.41         | 2.10         | 1.91         | 5.70         | 4.37         |
| CaO                            | 0.36         | 0.32         | 0.31         | 0.32         | 0.27         | 0.32         | 0.61         | 1.92         | 1.02         | 2.07         | 5.82         | 1.89         |
| MgO                            | 4.97         | 4.96         | 4.33         | 4.02         | 5.08         | 3.21         | 3.64         | 4.39         | 0.36         | 0.20         | 8.74         | 3.54         |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.18         | 0.66         | 0.34         | 0.19         | 0.20         | 0.39         | 4.36         | 2.93         | 5.64         | 5.00         | 2.51         | 4.94         |
| K <sub>2</sub> O               | 2.23         | 2.13         | 1.97         | 2.36         | 1.72         | 2.48         | 0.71         | 1.22         | 0.75         | 1.32         | 0.18         | 1.54         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.01         | 0.10         | 0.01         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.84         | 0.86         | 0.75         | 0.79         | 0.79         | 0.86         | 0.77         | 0.72         | 1.14         | 1.28         | 0.59         | 0.73         |
| MnO                            | 0.08         | 0.09         | 0.13         | 0.10         | 0.12         | 0.07         | 0.07         | 0.11         | 0.02         | 0.03         | 0.09         | 0.07         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.24         | 0.24         | 0.24         | 0.26         | 0.22         | 0.29         | 0.34         | 0.30         | 0.23         | 0.26         | 0.22         | 0.31         |
| SrO                            | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| BaO                            | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           | ##           |
| LOI                            | 3.93         | 3.87         | 3.70         | 3.55         | 4.08         | 3.35         | 2.89         | 5.00         | 1.07         | 2.15         | 11.00        | 3.27         |
| <b>Total</b>                   | <b>99.73</b> | <b>99.85</b> | <b>99.46</b> | <b>99.79</b> | <b>99.35</b> | <b>99.37</b> | <b>99.95</b> | <b>99.36</b> | <b>99.81</b> | <b>99.68</b> | <b>98.59</b> | <b>99.67</b> |
| ppm                            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| Ba                             | 350          | 430          | 640          | 620          | 440          | 430          | 300          | 300          | 160          | 270          | 210          | 630          |
| Nb                             | 6            | 6            | 6            | 6            | 5            | 7            | 8            | 7            | 6            | 6            | 5            | 7            |
| Rb                             | 40           | 37           | 35           | 41           | 30           | 49           | 15           | 24           | 29           | 39           | 5            | 28           |
| Sr                             | 27           | 39           | 34           | 31           | 32           | 33           | 103          | 114          | 108          | 124          | 287          | 186          |
| Y                              | 32           | 32           | 34           | 38           | 20           | 38           | 27           | 26           | 21           | 27           | 15           | 27           |
| Zr                             | 134          | 135          | 149          | 149          | 123          | 189          | 229          | 222          | 179          | 192          | 142          | 220          |

## **APPENDICE B**

Résultats des analyses à la microsonde

# Appendice B – Conditions des analyses des rutiles à la microsonde électronique.

Nom de l'appareil : JXA JEOL-8900L

Accélération du voltage : 20 kV

Courant du faisceau : 30 nA

Grosseur du faisceau : 2-3  $\mu\text{m}$

Méthode de correction : ZAF

|                                | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ | $\text{V}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{Ag}_2\text{O}$ | $\text{WO}_3$   | $\text{FeO}$ | $\text{SnO}_2$ | $\text{CuO}$ | $\text{Sb}_2\text{O}_5$ |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Temps de comptage (s)          | 20                      | 20                     | 20             | 20                    | 20              | 20           | 20             | 20           | 20                      |
| Standards                      | Chromite                | Vanadinite             | Rutile         | $\text{AgBiSe}_2$     | $\text{CaWO}_4$ | Chromite     | Cassitérite    | Chalcopyrite | Stibnite                |
| Limites de détection (% poids) | 0.0507                  | 0.0433                 | 0.0369         | 0.0177                | 0.2127          | 0.0368       | 0.0293         | 0.0294       | 0.035                   |

## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique.

|   | D41-4-Rut1    | D41-4-Rut2    | D41-4-Rut3    | D41-4-Rut4    | D41-4-Rut5    | D41-4-Rut6    | D41-4-Rut7    | D41-4-Rut8    |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr2O3                                   | 0.019         | 0.018         | 0.087         | 0.148         | 0.255         | 0.050         | 0.013         | 0.000         |
| V2O3                                    | 0.124         | 0.077         | 0.111         | 0.126         | 0.139         | 0.063         | 0.044         | 0.000         |
| TiO2                                    | 98.82         | 98.68         | 98.51         | 98.88         | 99.29         | 96.65         | 99.33         | 98.67         |
| Ag2O                                    | 0.007         | 0.001         | 0.000         | 0.005         | 0.007         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| WO3                                     | 0.000         | 0.058         | 0.000         | 0.000         | 0.008         | 0.098         | 0.021         | 0.074         |
| FeO                                     | 0.207         | 0.261         | 0.306         | 0.129         | 0.133         | 0.589         | 0.336         | 0.317         |
| SnO2                                    | 0.001         | 0.014         | 0.011         | 0.012         | 0.000         | 0.011         | 0.004         | 0.008         |
| CuO                                     | 0.003         | 0.001         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.006         | 0.008         | 0.009         |
| Sb2O5                                   | 0.002         | 0.001         | 0.000         | 0.000         | 0.011         | 0.016         | 0.006         | 0.000         |
| <b>Total</b>                            | <b>99.178</b> | <b>99.11</b>  | <b>99.02</b>  | <b>99.30</b>  | <b>99.85</b>  | <b>97.49</b>  | <b>99.77</b>  | <b>99.08</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0002        | 0.0002        | 0.0009        | 0.0016        | 0.0027        | 0.0005        | 0.0001        | 0.0000        |
| V                                       | 0.0013        | 0.0008        | 0.0012        | 0.0014        | 0.0015        | 0.0007        | 0.0005        | 0.0000        |
| Ti                                      | 0.9976        | 0.9974        | 0.9966        | 0.9970        | 0.9960        | 0.9950        | 0.9975        | 0.9977        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0000        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0003        | 0.0001        | 0.0003        |
| Fe                                      | 0.0023        | 0.0029        | 0.0034        | 0.0014        | 0.0015        | 0.0067        | 0.0038        | 0.0036        |
| Sn                                      | 0.0000        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        |
| Cu                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        |
| Sb                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0016</b> | <b>1.0016</b> | <b>1.0023</b> | <b>1.0015</b> | <b>1.0018</b> | <b>1.0035</b> | <b>1.0020</b> | <b>1.0017</b> |

## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique (suite).

|   | D41-4-Rut9    | D41-4-Rut10   | D41-4-Rut10   | D41-4-Rut11   | D41-4-Rut12   | D41-4-Rut13   | D41-4-Rut14   | D41-4-Rut15   |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr2O3                                   | 0.041         | 0.000         | 0.005         | 0.060         | 0.023         | 0.000         | 0.110         | 0.007         |
| V2O3                                    | 0.059         | 0.132         | 0.042         | 0.064         | 0.077         | 0.133         | 0.075         | 0.093         |
| TiO2                                    | 98.34         | 98.07         | 99.00         | 99.06         | 99.57         | 98.79         | 99.25         | 98.94         |
| Ag2O                                    | 0.001         | 0.000         | 0.006         | 0.006         | 0.005         | 0.000         | 0.000         | 0.007         |
| WO3                                     | 0.000         | 0.000         | 0.019         | 0.000         | 0.000         | 0.088         | 0.000         | 0.000         |
| FeO                                     | 0.210         | 0.748         | 0.624         | 0.504         | 0.571         | 0.318         | 0.706         | 0.493         |
| SnO2                                    | 0.011         | 0.017         | 0.008         | 0.000         | 0.000         | 0.006         | 0.000         | 0.019         |
| CuO                                     | 0.010         | 0.000         | 0.011         | 0.025         | 0.007         | 0.034         | 0.015         | 0.013         |
| Sb2O5                                   | 0.003         | 0.000         | 0.005         | 0.000         | 0.000         | 0.007         | 0.005         | 0.005         |
| <b>Total</b>                            | <b>98.67</b>  | <b>98.97</b>  | <b>99.72</b>  | <b>99.72</b>  | <b>100.26</b> | <b>99.37</b>  | <b>100.16</b> | <b>99.58</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0004        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0006        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0012        | 0.0001        |
| V                                       | 0.0006        | 0.0014        | 0.0005        | 0.0007        | 0.0008        | 0.0014        | 0.0008        | 0.0010        |
| Ti                                      | 0.9979        | 0.9946        | 0.9959        | 0.9961        | 0.9960        | 0.9964        | 0.9945        | 0.9962        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0003        | 0.0000        | 0.0000        |
| Fe                                      | 0.0024        | 0.0084        | 0.0070        | 0.0056        | 0.0063        | 0.0036        | 0.0079        | 0.0055        |
| Sn                                      | 0.0001        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        |
| Cu                                      | 0.0001        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0003        | 0.0001        | 0.0003        | 0.0002        | 0.0001        |
| Sb                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0015</b> | <b>1.0046</b> | <b>1.0037</b> | <b>1.0033</b> | <b>1.0035</b> | <b>1.0022</b> | <b>1.0045</b> | <b>1.0031</b> |



## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique (suite).

|   | D4I-4-Rut16   | D6-1-Rut1     | D6-1-Rut2     | D6-1-Rut3     | D6-1-Rut4     | D6-1-Rut5     | D6-1-Rut6     | D6-1-Rut7     |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr2O3                                   | 0.235         | 0.035         | 0.004         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| V2O3                                    | 0.136         | 0.285         | 0.090         | 0.158         | 0.177         | 0.206         | 0.054         | 0.172         |
| TiO2                                    | 95.06         | 98.10         | 68.87         | 98.87         | 98.99         | 99.11         | 99.60         | 99.49         |
| Ag2O                                    | 0.000         | 0.004         | 2.43          | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| WO3                                     | 0.038         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.004         | 0.000         | 0.000         |
| FeO                                     | 0.451         | 0.230         | 1.23          | 0.729         | 0.666         | 0.623         | 0.174         | 0.348         |
| SnO2                                    | 0.017         | 0.007         | 0.00          | 0.000         | 0.000         | 0.004         | 0.004         | 0.005         |
| CuO                                     | 0.010         | 0.000         | 11.54         | 0.019         | 0.000         | 0.062         | 0.000         | 0.131         |
| Sb2O5                                   | 0.002         | 0.005         | 0.002         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.005         | 0.015         |
| <b>Total</b>                            | <b>95.95</b>  | <b>98.66</b>  | <b>84.17</b>  | <b>99.77</b>  | <b>99.83</b>  | <b>100.01</b> | <b>99.83</b>  | <b>100.16</b> |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0026        | 0.0004        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| V                                       | 0.0015        | 0.0031        | 0.0013        | 0.0017        | 0.0019        | 0.0022        | 0.0006        | 0.0018        |
| Ti                                      | 0.9939        | 0.9960        | 0.9081        | 0.9946        | 0.9949        | 0.9945        | 0.9985        | 0.9959        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0221        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| Fe                                      | 0.0052        | 0.0026        | 0.0180        | 0.0082        | 0.0074        | 0.0070        | 0.0019        | 0.0039        |
| Sn                                      | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| Cu                                      | 0.0001        | 0.0000        | 0.1528        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0006        | 0.0000        | 0.0013        |
| Sb                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0036</b> | <b>1.0022</b> | <b>1.1023</b> | <b>1.0046</b> | <b>1.0042</b> | <b>1.0043</b> | <b>1.0011</b> | <b>1.0030</b> |

## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique (suite).

|   | D6-1-Rut8     | D6-1-Rut9     | D6-1-Rut10    | D6-1-Rut11    | D6-1-Rut12    | D6-1-Rut13    | D6-1-Rut14    | D3-9P-Rut1    |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr2O3                                   | 0.009         | 0.000         | 0.034         | 0.006         | 0.031         | 0.034         | 0.000         | 0.010         |
| V2O3                                    | 0.141         | 0.130         | 0.204         | 0.164         | 0.193         | 0.132         | 0.137         | 0.036         |
| TiO2                                    | 99.68         | 98.06         | 99.49         | 95.38         | 95.33         | 88.09         | 87.69         | 79.41         |
| Ag2O                                    | 0.003         | 0.000         | 0.009         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.001         |
| WO3                                     | 0.000         | 0.027         | 0.125         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.099         | 0.000         |
| FeO                                     | 0.269         | 0.574         | 0.486         | 0.720         | 0.541         | 0.728         | 1.51          | 0.542         |
| SnO2                                    | 0.021         | 0.012         | 0.027         | 0.028         | 0.000         | 0.001         | 0.000         | 0.000         |
| CuO                                     | 0.126         | 0.014         | 0.035         | 0.024         | 0.025         | 0.039         | 0.033         | 0.004         |
| Sb2O5                                   | 0.000         | 0.003         | 0.000         | 0.000         | 0.010         | 0.000         | 0.008         | 0.118         |
| <b>Total</b>                            | <b>100.25</b> | <b>98.82</b>  | <b>100.41</b> | <b>96.32</b>  | <b>96.13</b>  | <b>89.02</b>  | <b>89.47</b>  | <b>80.12</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0001        | 0.0000        | 0.0004        | 0.0001        | 0.0003        | 0.0004        | 0.0000        | 0.0001        |
| V                                       | 0.0015        | 0.0014        | 0.0022        | 0.0018        | 0.0021        | 0.0016        | 0.0016        | 0.0005        |
| Ti                                      | 0.9966        | 0.9954        | 0.9944        | 0.9941        | 0.9948        | 0.9937        | 0.9885        | 0.9948        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0000        | 0.0001        | 0.0004        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0004        | 0.0000        |
| Fe                                      | 0.0030        | 0.0065        | 0.0054        | 0.0083        | 0.0063        | 0.0091        | 0.0189        | 0.0075        |
| Sn                                      | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| Cu                                      | 0.0013        | 0.0001        | 0.0004        | 0.0003        | 0.0003        | 0.0004        | 0.0004        | 0.0001        |
| Sb                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0007        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0025</b> | <b>1.0036</b> | <b>1.0033</b> | <b>1.0048</b> | <b>1.0039</b> | <b>1.0053</b> | <b>1.0099</b> | <b>1.0038</b> |

## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique (suite).

|   | D3-9P-Rut2    | D3-9P-Rut3    | D3-9P-Rut4    | D3-9P-Rut5    | D3-9P-Rut6    | D3-9P-Rut7    | D3-9P-Rut8    | D3-9P-Rut9    |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>          | 0.031         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.008         | 0.000         | 0.000         |
| V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.119         | 0.069         | 0.085         | 0.118         | 0.086         | 0.019         | 0.077         | 0.075         |
| TiO <sub>2</sub>                        | 99.20         | 99.15         | 98.65         | 99.43         | 98.38         | 98.82         | 99.36         | 96.82         |
| Ag <sub>2</sub> O                       | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.002         | 0.000         | 0.000         | 0.007         |
| WO <sub>3</sub>                         | 0.000         | 0.000         | 0.054         | 0.000         | 0.000         | 0.014         | 0.079         | 0.073         |
| FeO                                     | 0.323         | 0.362         | 0.333         | 0.407         | 0.349         | 0.360         | 0.307         | 0.350         |
| SnO <sub>2</sub>                        | 0.011         | 0.000         | 0.011         | 0.009         | 0.009         | 0.000         | 0.002         | 0.012         |
| CuO                                     | 0.001         | 0.017         | 0.022         | 0.000         | 0.016         | 0.000         | 0.010         | 0.000         |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>          | 0.023         | 0.032         | 0.022         | 0.007         | 0.022         | 0.030         | 0.000         | 0.022         |
| <b>Total</b>                            | <b>99.70</b>  | <b>99.63</b>  | <b>99.18</b>  | <b>99.97</b>  | <b>98.87</b>  | <b>99.25</b>  | <b>99.83</b>  | <b>97.36</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0003        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        |
| V                                       | 0.0013        | 0.0007        | 0.0009        | 0.0013        | 0.0009        | 0.0002        | 0.0008        | 0.0008        |
| Ti                                      | 0.9968        | 0.9971        | 0.9969        | 0.9967        | 0.9971        | 0.9975        | 0.9972        | 0.9968        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0000        | 0.0000        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0003        | 0.0003        |
| Fe                                      | 0.0036        | 0.0040        | 0.0037        | 0.0045        | 0.0039        | 0.0040        | 0.0034        | 0.0040        |
| Sn                                      | 0.0001        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        |
| Cu                                      | 0.0000        | 0.0002        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        |
| Sb                                      | 0.0001        | 0.0002        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0001        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0022</b> | <b>1.0023</b> | <b>1.0021</b> | <b>1.0026</b> | <b>1.0023</b> | <b>1.0020</b> | <b>1.0018</b> | <b>1.0021</b> |

## Appendice B – Résultats des analyses des rutiles à la microsonde électronique (suite).

|   | D3-9P-Rut10   | D3-9P-Rut11   | D3-9P-Rut12   | D3-9P-Rut13   | D3-9P-Rut14   | D3-9P-Rut15   |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | % poids       |               |               |               |               |               |
| Cr2O3                                   | 0.032         | 0.000         | 0.000         | 0.001         | 0.000         | 0.000         |
| V2O3                                    | 0.086         | 0.092         | 0.083         | 0.094         | 0.066         | 0.137         |
| TiO2                                    | 98.69         | 99.14         | 99.00         | 99.71         | 98.72         | 99.06         |
| Ag2O                                    | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| WO3                                     | 0.006         | 0.000         | 0.046         | 0.000         | 0.000         | 0.000         |
| FeO                                     | 0.263         | 0.358         | 0.344         | 0.438         | 0.357         | 0.392         |
| SnO2                                    | 0.004         | 0.001         | 0.000         | 0.000         | 0.000         | 0.010         |
| CuO                                     | 0.000         | 0.000         | 0.006         | 0.000         | 0.000         | 0.009         |
| Sb2O5                                   | 0.017         | 0.018         | 0.020         | 0.015         | 0.014         | 0.019         |
| <b>Total</b>                            | <b>99.10</b>  | <b>99.61</b>  | <b>99.50</b>  | <b>100.26</b> | <b>99.15</b>  | <b>99.63</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 2 oxygènes |               |               |               |               |               |               |
| Cr                                      | 0.0003        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| V                                       | 0.0009        | 0.0010        | 0.0009        | 0.0010        | 0.0007        | 0.0015        |
| Ti                                      | 0.9974        | 0.9971        | 0.9970        | 0.9967        | 0.9974        | 0.9965        |
| Ag                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| W                                       | 0.0000        | 0.0000        | 0.0002        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| Fe                                      | 0.0030        | 0.0040        | 0.0039        | 0.0049        | 0.0040        | 0.0044        |
| Sn                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        |
| Cu                                      | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0001        |
| Sb                                      | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        | 0.0001        |
| <b>Cations totaux</b>                   | <b>1.0018</b> | <b>1.0022</b> | <b>1.0021</b> | <b>1.0027</b> | <b>1.0022</b> | <b>1.0026</b> |

# Appendice B – Conditions des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique.

Nom de l'appareil : JXA JEOL-8900L

Accélération du voltage : 15 kV

Courant du faisceau : 20 nA

Grosseur du faisceau : 10 µm

Méthode de correction : ZAF

|                                | Na <sub>2</sub> O | MgO          | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | FeO          | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO          | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO          |
|--------------------------------|-------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| Temps de comptage (s)          | 20                | 20           | 20               | 20               | 20           | 20               | 20                             | 20           | 20                             | 20           |
| Standards                      | Albite            | Diopside     | Orthoclase       | Rutile           | Hématite     | Diopside         | Orthoclase                     | Diopside     | Chromite                       | Spessartine  |
| Limites de détection (% poids) | Chl : 0.0241      | Chl : 0.0279 | Chl : 0.0251     | Chl : 0.0498     | Chl : 0.0387 | Chl : 0.0312     | Chl : 0.0259                   | Chl : 0.0305 | Chl : 0.0705                   | Chl : 0.0376 |
|                                | Crd : 0.0254      | Crd : 0.0257 | Crd : 0.0255     | Crd : 0.0475     | Crd : 0.0375 | Crd : 0.0306     | Crd : 0.0288                   | Crd : 0.0309 | Crd : 0.0708                   | Crd : 0.0345 |

Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique.

|  | D1-8P-C2-ChI1  | D1-8P-C2-ChI2  | D1-8P-C2-ChI3  | D1-8P-C2-Ch4   | D1-8P-C2-ChI5  | D1-8P-C1-ChI1  | D1-8P-C1-ChI2  | D1-8P-C1-ChI3  |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                |                |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.000          | 0.002          | 0.029          | 0.081          | 0.015          | 0.010          | 0.009          | 0.000          |
| MgO                                      | 23.35          | 23.48          | 22.73          | 23.59          | 23.98          | 23.52          | 23.74          | 23.76          |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.001          | 0.002          | 0.027          | 0.061          | 0.000          | 0.007          | 0.000          | 0.000          |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.017          | 0.012          | 0.013          | 0.059          | 0.027          | 0.061          | 0.023          | 0.000          |
| FeO                                      | 11.03          | 11.15          | 10.63          | 10.73          | 10.80          | 11.07          | 11.07          | 10.99          |
| SiO <sub>2</sub>                         | 26.09          | 26.50          | 26.43          | 26.46          | 26.64          | 26.25          | 26.49          | 26.52          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 24.89          | 25.07          | 24.66          | 24.35          | 24.21          | 24.62          | 24.71          | 24.28          |
| CaO                                      | 0.013          | 0.010          | 0.025          | 0.014          | 0.010          | 0.000          | 0.011          | 0.000          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.007          | 0.000          | 0.039          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.026          | 0.000          |
| MnO                                      | 0.170          | 0.162          | 0.179          | 0.171          | 0.169          | 0.185          | 0.157          | 0.153          |
| <b>Total</b>                             | <b>85.57</b>   | <b>86.39</b>   | <b>84.76</b>   | <b>85.51</b>   | <b>85.84</b>   | <b>85.72</b>   | <b>86.23</b>   | <b>85.70</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Na                                       | 0.0000         | 0.0005         | 0.0073         | 0.0201         | 0.0037         | 0.0025         | 0.0022         | 0.0000         |
| Mg                                       | 4.4622         | 4.4421         | 4.3726         | 4.5085         | 4.5621         | 4.4892         | 4.5009         | 4.5321         |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| Ti                                       | 0.0016         | 0.0011         | 0.0013         | 0.0057         | 0.0026         | 0.0059         | 0.0022         | 0.0000         |
| Fe                                       | 1.1827         | 1.1835         | 1.1473         | 1.1501         | 1.1523         | 1.1854         | 1.1777         | 1.1751         |
| Si                                       | 3.3450         | 3.3637         | 3.4106         | 3.3915         | 3.3989         | 3.3604         | 3.3691         | 3.3922         |
| Al                                       | 3.7603         | 3.7504         | 3.7492         | 3.6776         | 3.6408         | 3.7144         | 3.7036         | 3.6612         |
| Ca                                       | 0.0018         | 0.0014         | 0.0035         | 0.0019         | 0.0014         | 0.0000         | 0.0015         | 0.0000         |
| Cr                                       | 0.0007         | 0.0000         | 0.0040         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0026         | 0.0000         |
| Mn                                       | 0.0185         | 0.0174         | 0.0196         | 0.0186         | 0.0183         | 0.0201         | 0.0169         | 0.0166         |
| <b>Total</b>                             | <b>12.7728</b> | <b>12.7602</b> | <b>12.7152</b> | <b>12.7740</b> | <b>12.7800</b> | <b>12.7778</b> | <b>12.7767</b> | <b>12.7772</b> |



Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique (suite).

|  | D1-8P-C1-ChI4  | D1-8P-C1-ChI5  | D1-8P-C1-ChI6  | D1-8P-ChI1     | D41-4-C5-ChI1  | D41-4-C6-ChI1  | D41-4-C3-ChI1  | D41-4-C3-ChI2  |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                |                |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.039          | 0.005          | 0.000          | 0.007          | 0.130          | 0.097          | 0.051          | 0.015          |
| MgO                                      | 23.37          | 23.88          | 23.71          | 23.54          | 16.62          | 16.87          | 16.86          | 16.75          |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.008          | 0.000          | 0.013          | 0.000          | 0.163          | 0.171          | 0.025          | 0.006          |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.022          | 0.060          | 0.000          | 0.010          | 0.057          | 0.016          | 0.016          | 0.040          |
| FeO                                      | 10.98          | 11.10          | 11.27          | 11.25          | 20.68          | 20.41          | 20.40          | 21.27          |
| SiO <sub>2</sub>                         | 26.59          | 26.53          | 26.52          | 26.17          | 24.48          | 25.04          | 24.47          | 24.04          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 24.80          | 24.57          | 24.29          | 24.87          | 23.74          | 23.84          | 23.24          | 24.05          |
| CaO                                      | 0.043          | 0.000          | 0.023          | 0.000          | 0.026          | 0.021          | 0.015          | 0.002          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.011          | 0.030          | 0.000          | 0.000          | 0.034          | 0.000          | 0.056          | 0.009          |
| MnO                                      | 0.160          | 0.178          | 0.170          | 0.161          | 0.298          | 0.273          | 0.342          | 0.361          |
| <b>Total</b>                             | <b>86.01</b>   | <b>86.34</b>   | <b>86.00</b>   | <b>86.01</b>   | <b>86.23</b>   | <b>86.74</b>   | <b>85.46</b>   | <b>86.55</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Na                                       | 0.0096         | 0.0012         | 0.0000         | 0.0017         | 0.0340         | 0.0251         | 0.0134         | 0.0039         |
| Mg                                       | 4.4379         | 4.5235         | 4.5144         | 4.4818         | 3.3405         | 3.3580         | 3.4102         | 3.3604         |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| Ti                                       | 0.0021         | 0.0057         | 0.0000         | 0.0010         | 0.0058         | 0.0016         | 0.0016         | 0.0040         |
| Fe                                       | 1.1696         | 1.1790         | 1.2039         | 1.2016         | 2.3311         | 2.2789         | 2.3145         | 2.3939         |
| Si                                       | 3.3870         | 3.3708         | 3.3876         | 3.3412         | 3.2994         | 3.3430         | 3.3204         | 3.2355         |
| Al                                       | 3.7231         | 3.6801         | 3.6567         | 3.7426         | 3.7719         | 3.7516         | 3.7160         | 3.8146         |
| Ca                                       | 0.0059         | 0.0000         | 0.0031         | 0.0000         | 0.0038         | 0.0030         | 0.0022         | 0.0003         |
| Cr                                       | 0.0011         | 0.0030         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0036         | 0.0000         | 0.0060         | 0.0010         |
| Mn                                       | 0.0173         | 0.0192         | 0.0184         | 0.0174         | 0.0340         | 0.0309         | 0.0393         | 0.0411         |
| <b>Total</b>                             | <b>12.7536</b> | <b>12.7825</b> | <b>12.7841</b> | <b>12.7874</b> | <b>12.8240</b> | <b>12.7922</b> | <b>12.8237</b> | <b>12.8547</b> |

Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique (suite).

|  | D41-4-C3-ChI3  | D41-4-C2-ChI1  | D41-4-C2-ChI2  | D41-4-ChI1     | D41-4-ChI2     | Carto I34P-ChI1 | Carto I34P-ChI2 | Carto I34P-ChI3 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                 |                 |                 |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.030          | 0.112          | 0.057          | 0.007          | 0.013          | 0.012           | 0.090           | 0.013           |
| MgO                                      | 16.46          | 17.37          | 16.87          | 16.83          | 17.12          | 13.36           | 12.99           | 12.66           |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.025          | 0.049          | 0.013          | 0.022          | 0.010          | 0.091           | 0.261           | 0.051           |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.026          | 0.016          | 0.057          | 0.048          | 0.023          | 0.070           | 0.086           | 0.099           |
| FeO                                      | 21.33          | 20.42          | 21.27          | 20.63          | 21.03          | 27.58           | 27.62           | 28.26           |
| SiO <sub>2</sub>                         | 23.80          | 24.90          | 24.47          | 25.28          | 24.19          | 25.07           | 25.11           | 24.64           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 23.72          | 23.53          | 23.11          | 23.00          | 23.64          | 20.51           | 20.17           | 20.95           |
| CaO                                      | 0.004          | 0.027          | 0.008          | 0.017          | 0.000          | 0.028           | 0.048           | 0.000           |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.000          | 0.042          | 0.016          | 0.003          | 0.000          | 0.039           | 0.013           | 0.000           |
| MnO                                      | 0.387          | 0.349          | 0.356          | 0.363          | 0.388          | 0.355           | 0.375           | 0.365           |
| <b>Total</b>                             | <b>85.78</b>   | <b>86.80</b>   | <b>86.22</b>   | <b>86.20</b>   | <b>86.42</b>   | <b>87.11</b>    | <b>86.75</b>    | <b>87.04</b>    |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |
| Na                                       | 0.0079         | 0.0290         | 0.0149         | 0.0018         | 0.0034         | 0.0032          | 0.0244          | 0.0035          |
| Mg                                       | 3.3384         | 3.4559         | 3.3984         | 3.3714         | 3.4379         | 2.7604          | 2.7035          | 2.6272          |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000          | 0.0000          | 0.0000          |
| Ti                                       | 0.0027         | 0.0016         | 0.0058         | 0.0049         | 0.0023         | 0.0073          | 0.0090          | 0.0104          |
| Fe                                       | 2.4263         | 2.2789         | 2.4030         | 2.3175         | 2.3685         | 3.1967          | 3.2242          | 3.2897          |
| Si                                       | 3.2385         | 3.3230         | 3.3071         | 3.3971         | 3.2575         | 3.4749          | 3.5052          | 3.4306          |
| Al                                       | 3.8026         | 3.7010         | 3.6806         | 3.6415         | 3.7521         | 3.3497          | 3.3186          | 3.4376          |
| Ca                                       | 0.0006         | 0.0039         | 0.0012         | 0.0024         | 0.0000         | 0.0042          | 0.0072          | 0.0000          |
| Cr                                       | 0.0000         | 0.0044         | 0.0017         | 0.0003         | 0.0000         | 0.0043          | 0.0014          | 0.0000          |
| Mn                                       | 0.0446         | 0.0395         | 0.0407         | 0.0413         | 0.0443         | 0.0417          | 0.0443          | 0.0430          |
| <b>Total</b>                             | <b>12.8615</b> | <b>12.8371</b> | <b>12.8534</b> | <b>12.7781</b> | <b>12.8659</b> | <b>12.8424</b>  | <b>12.8379</b>  | <b>12.8420</b>  |

## Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique (suite).

|  | Carto134P-Chl4 | Carto134P-Chl5 | Carto134P-Chl6 | Carto134P-Chl7 | Carto134P-Chl8 | Carto134P-Chl9 | Carto134P-Chl10 | D3-9P-cl-Chl1  |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                |                 |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.012          | 0.006          | 0.024          | 0.008          | 0.033          | 0.042          | 0.018           | 0.004          |
| MgO                                      | 13.45          | 13.03          | 11.59          | 13.04          | 12.93          | 12.13          | 12.50           | 7.77           |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.053          | 0.082          | 0.415          | 0.034          | 0.128          | 0.066          | 0.046           | 0.009          |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.063          | 0.093          | 0.380          | 0.093          | 0.098          | 0.136          | 0.102           | 0.066          |
| FeO                                      | 27.30          | 27.66          | 27.62          | 27.70          | 26.57          | 27.53          | 28.81           | 34.57          |
| SiO <sub>2</sub>                         | 25.76          | 24.81          | 25.19          | 26.18          | 25.64          | 23.87          | 24.43           | 22.62          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 19.58          | 20.23          | 20.95          | 20.02          | 20.00          | 19.99          | 20.27           | 22.76          |
| CaO                                      | 0.009          | 0.000          | 0.071          | 0.003          | 0.027          | 0.073          | 0.044           | 0.001          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.038          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.007          | 0.071           | 0.020          |
| MnO                                      | 0.369          | 0.382          | 0.357          | 0.359          | 0.369          | 0.371          | 0.381           | 0.071          |
| <b>Total</b>                             | <b>86.62</b>   | <b>86.29</b>   | <b>86.61</b>   | <b>87.44</b>   | <b>85.80</b>   | <b>84.21</b>   | <b>86.68</b>    | <b>87.89</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                |                 |                |
| Na                                       | 0.0032         | 0.0016         | 0.0065         | 0.0021         | 0.0090         | 0.0117         | 0.0049          | 0.0011         |
| Mg                                       | 2.7881         | 2.7237         | 2.4158         | 2.6757         | 2.6972         | 2.6069         | 2.6201          | 1.6532         |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0001         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000          | 0.0000         |
| Ti                                       | 0.0066         | 0.0098         | 0.0399         | 0.0096         | 0.0103         | 0.0148         | 0.0108          | 0.0071         |
| Fe                                       | 3.1731         | 3.2418         | 3.2281         | 3.1869         | 3.1088         | 3.3200         | 3.3864          | 4.1243         |
| Si                                       | 3.5807         | 3.4776         | 3.5214         | 3.6020         | 3.5874         | 3.4419         | 3.4340          | 3.2270         |
| Al                                       | 3.2077         | 3.3423         | 3.4515         | 3.2472         | 3.2975         | 3.3974         | 3.3584          | 3.8278         |
| Ca                                       | 0.0013         | 0.0000         | 0.0106         | 0.0004         | 0.0040         | 0.0113         | 0.0066          | 0.0002         |
| Cr                                       | 0.0042         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0008         | 0.0079          | 0.0023         |
| Mn                                       | 0.0434         | 0.0454         | 0.0423         | 0.0418         | 0.0437         | 0.0453         | 0.0454          | 0.0086         |
| <b>Total</b>                             | <b>12.8084</b> | <b>12.8422</b> | <b>12.7162</b> | <b>12.7658</b> | <b>12.7580</b> | <b>12.8501</b> | <b>12.8745</b>  | <b>12.8514</b> |

Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique (suite).

|  | D3-9P-c1-Chl2  | D3-9P-c1-Chl3  | D3-9P-c1-Chl4  | D3-9P-c2-Chl1  | D3-9P-c2-Chl2  | D3-9P-c2-Chl3  | D3-9P-c2-Chl4  | D1-8P-C4-Cdr1  |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                |                |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.000          | 0.000          | 0.009          | 0.012          | 0.017          | 0.107          | 0.096          | 1.17           |
| MgO                                      | 7.98           | 7.89           | 7.28           | 7.62           | 7.36           | 7.98           | 7.74           | 6.38           |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.010          | 0.034          | 0.017          | 0.016          | 0.004          | 0.028          | 0.035          | 0.037          |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.069          | 0.034          | 0.032          | 0.042          | 0.063          | 0.054          | 0.033          | 0.047          |
| FeO                                      | 34.36          | 34.29          | 35.40          | 34.64          | 34.41          | 34.06          | 34.17          | 3.93           |
| SiO <sub>2</sub>                         | 22.31          | 22.48          | 22.15          | 22.39          | 22.24          | 22.51          | 22.26          | 36.92          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 22.94          | 22.30          | 22.51          | 22.82          | 22.46          | 22.85          | 22.56          | 35.00          |
| CaO                                      | 0.000          | 0.020          | 0.000          | 0.012          | 0.008          | 0.000          | 0.000          | 0.108          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.006          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.000          | 0.028          |
| MnO                                      | 0.056          | 0.074          | 0.059          | 0.078          | 0.078          | 0.065          | 0.084          | 0.000          |
| <b>Total</b>                             | <b>87.74</b>   | <b>87.12</b>   | <b>87.46</b>   | <b>87.63</b>   | <b>86.63</b>   | <b>87.65</b>   | <b>86.98</b>   | <b>83.63</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                |                |                |
| Na                                       | 0.0000         | 0.0000         | 0.0025         | 0.0033         | 0.0048         | 0.0296         | 0.0269         | 0.2734         |
| Mg                                       | 1.7006         | 1.6939         | 1.5668         | 1.6275         | 1.5905         | 1.6984         | 1.6657         | 1.1424         |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| Ti                                       | 0.0074         | 0.0037         | 0.0035         | 0.0045         | 0.0069         | 0.0058         | 0.0036         | 0.0042         |
| Fe                                       | 4.1060         | 4.1305         | 4.2748         | 4.1513         | 4.1730         | 4.0680         | 4.1233         | 0.3951         |
| Si                                       | 3.1876         | 3.2381         | 3.1980         | 3.2083         | 3.2262         | 3.2155         | 3.2124         | 4.4346         |
| Al                                       | 3.8637         | 3.7866         | 3.8312         | 3.8550         | 3.8381         | 3.8456         | 3.8370         | 4.9535         |
| Ca                                       | 0.0000         | 0.0031         | 0.0000         | 0.0018         | 0.0012         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0139         |
| Cr                                       | 0.0007         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0027         |
| Mn                                       | 0.0068         | 0.0090         | 0.0072         | 0.0095         | 0.0096         | 0.0079         | 0.0103         | 0.0000         |
| <b>Total</b>                             | <b>12.8728</b> | <b>12.8649</b> | <b>12.8841</b> | <b>12.8613</b> | <b>12.8503</b> | <b>12.8707</b> | <b>12.8790</b> | <b>11.2197</b> |

Appendice B – Résultats des analyses des chlorites et des cordiérites à la microsonde électronique (suite).

|  | D1-8P-C4-Cdr2  | D1-8P-C4-Cdr3  | D1-8P-C4-Cdr4  | D1-8P-C3-Cdr1  | D1-8P-C3-Cdr2  | D1-8P-C3-Cdr3  |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 1.12           | 1.55           | 1.11           | 1.53           | 1.26           | 1.07           |
| MgO                                      | 6.45           | 7.99           | 6.42           | 8.10           | 7.33           | 6.600          |
| K <sub>2</sub> O                         | 0.022          | 0.003          | 0.039          | 0.104          | 0.141          | 0.025          |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.039          | 0.147          | 0.066          | 0.087          | 0.097          | 0.093          |
| FeO                                      | 4.01           | 2.86           | 4.09           | 2.79           | 2.80           | 3.87           |
| SiO <sub>2</sub>                         | 36.79          | 37.09          | 37.10          | 37.19          | 36.68          | 36.54          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 34.59          | 33.81          | 35.19          | 33.67          | 34.74          | 34.72          |
| CaO                                      | 0.116          | 0.130          | 0.117          | 0.139          | 0.221          | 0.135          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.000          | 0.017          | 0.000          | 0.072          | 0.044          | 0.000          |
| MnO                                      | 0.016          | 0.035          | 0.000          | 0.020          | 0.000          | 0.012          |
| <b>Total</b>                             | <b>83.14</b>   | <b>83.63</b>   | <b>84.12</b>   | <b>83.70</b>   | <b>83.31</b>   | <b>83.07</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 18 oxygènes |                |                |                |                |                |                |
| Na                                       | 0.2617         | 0.3609         | 0.2559         | 0.3560         | 0.2940         | 0.2518         |
| Mg                                       | 1.1612         | 1.4273         | 1.1434         | 1.4469         | 1.3137         | 1.1897         |
| K  | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0000         |
| Ti                                       | 0.0035         | 0.0133         | 0.0059         | 0.0078         | 0.0088         | 0.0085         |
| Fe                                       | 0.4055         | 0.2867         | 0.4080         | 0.2794         | 0.2812         | 0.3911         |
| Si                                       | 4.4451         | 4.4458         | 4.4318         | 4.4580         | 4.4104         | 4.4183         |
| Al                                       | 4.9256         | 4.7765         | 4.9534         | 4.7559         | 4.9234         | 4.9475         |
| Ca                                       | 0.0150         | 0.0167         | 0.0150         | 0.0178         | 0.0285         | 0.0175         |
| Cr                                       | 0.0000         | 0.0016         | 0.0000         | 0.0068         | 0.0042         | 0.0000         |
| Mn                                       | 0.0016         | 0.0036         | 0.0000         | 0.0020         | 0.0000         | 0.0012         |
| <b>Total</b>                             | <b>11.2193</b> | <b>11.3323</b> | <b>11.2135</b> | <b>11.3308</b> | <b>11.2641</b> | <b>11.2254</b> |

# Appendice B – Conditions des analyses des sérictites à la microsonde électronique.

Nom de l'appareil : JXA JEOL-8900L

Accélération du voltage : 15 kV

Courant du faisceau : 20 nA

Grosseur du faisceau : 10  $\mu\text{m}$

Méthode de correction : ZAF

|                                | Na <sub>2</sub> O | MgO      | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | FeO      | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO      | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO         |
|--------------------------------|-------------------|----------|------------------|------------------|----------|------------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|-------------|
| Temps de comptage (s)          | 20                | 20       | 20               | 20               | 20       | 20               | 20                             | 20       | 20                             | 20          |
| Standards                      | Albite            | Diopside | Orthoclase       | Rutile           | Hématite | Diopside         | Orthoclase                     | Diopside | Chromite                       | Spessartine |
| Limites de détection (% poids) | 0.0254            | 0.0271   | 0.0251           | 0.0485           | 0.0393   | 0.0324           | 0.0294                         | 0.0325   | 0.0744                         | 0.0384      |



Appendice B – Résultats des analyses des sérictites à la microsonde électronique.

|  | D1-8P-C4-Ser1 | D1-8P-C4-Ser2 | D1-8P-C4-Ser3 | D1-8P-C4-Ser4 | D1-8P-C4-Ser5 | D1-8P-C3-Ser1 | D1-8P-C3-Ser2 | D1-8P-C3-Ser3 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|  | % poids       |               |               |               |               |               |               |               |
| Na <sub>2</sub> O                        | 1.672         | 1.598         | 1.588         | 1.733         | 1.907         | 1.605         | 1.526         | 1.488         |
| MgO                                      | 0.566         | 0.765         | 0.671         | 2.275         | 0.305         | 0.396         | 1.359         | 3.721         |
| K <sub>2</sub> O                         | 8.531         | 8.541         | 8.933         | 7.205         | 7.773         | 8.945         | 8.673         | 7.367         |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.091         | 0.059         | 0.034         | 0.066         | 0.035         | 0.035         | 0.063         | 0.094         |
| FeO                                      | 0.501         | 0.611         | 0.555         | 1.122         | 0.441         | 0.471         | 0.919         | 2.058         |
| SiO <sub>2</sub>                         | 44.505        | 45.075        | 44.733        | 43.3          | 44.069        | 44.738        | 44.326        | 42.227        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 36.051        | 36.357        | 36.195        | 35.533        | 37.243        | 36.323        | 35.36         | 34.933        |
| CaO                                      | 0.538         | 0.374         | 0.178         | 0.195         | 1.078         | 0.24          | 0.123         | 0.31          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0             | 0.044         | 0.049         | 0.025         | 0.042         | 0.029         | 0             | 0.03          |
| MnO                                      | 0.018         | 0.015         | 0.007         | 0.024         | 0.012         | 0.001         | 0.005         | 0.032         |
| <b>Total</b>                             | <b>92.473</b> | <b>93.439</b> | <b>92.943</b> | <b>91.478</b> | <b>92.905</b> | <b>92.783</b> | <b>92.354</b> | <b>92.26</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 12 oxygènes |               |               |               |               |               |               |               |               |
| Na                                       | 0.2488        | 0.2350        | 0.2357        | 0.2588        | 0.2809        | 0.2385        | 0.2281        | 0.2227        |
| Mg                                       | 0.0648        | 0.0865        | 0.0766        | 0.2613        | 0.0346        | 0.0452        | 0.1562        | 0.4282        |
| K  | 0.0008        | 0.0008        | 0.0009        | 0.0007        | 0.0008        | 0.0009        | 0.0009        | 0.0007        |
| Ti                                       | 0.0053        | 0.0034        | 0.0020        | 0.0038        | 0.0020        | 0.0020        | 0.0037        | 0.0055        |
| Fe                                       | 0.0322        | 0.0388        | 0.0355        | 0.0723        | 0.0280        | 0.0302        | 0.0592        | 0.1328        |
| Si                                       | 3.4157        | 3.4195        | 3.4242        | 3.3353        | 3.3487        | 3.4287        | 3.4169        | 3.2595        |
| Al                                       | 3.2607        | 3.2505        | 3.2652        | 3.2256        | 3.3352        | 3.2807        | 3.2123        | 3.1778        |
| Ca                                       | 0.0442        | 0.0304        | 0.0146        | 0.0161        | 0.0878        | 0.0197        | 0.0102        | 0.0256        |
| Cr                                       | 0.0000        | 0.0026        | 0.0030        | 0.0015        | 0.0025        | 0.0018        | 0.0000        | 0.0018        |
| Mn                                       | 0.0012        | 0.0010        | 0.0005        | 0.0016        | 0.0008        | 0.0001        | 0.0003        | 0.0021        |
| <b>Total</b>                             | <b>7.0735</b> | <b>7.0685</b> | <b>7.0580</b> | <b>7.1770</b> | <b>7.1212</b> | <b>7.0477</b> | <b>7.0877</b> | <b>7.2569</b> |

Appendice B – Résultats des analyses des sérictes à la microsonde électronique (suite).

|  | D1-8P-Ser1    | D41-4-C5-Ser1 | D41-4-C5-Ser2 | D41-4-C5-Ser3 | D41-4-C6-Ser1 | D41-4-C6-Ser2 | Carto134P-Ser1 | Carto134P-Ser2 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
|  | % poids       |               |               |               |               |               |                |                |
| Na <sub>2</sub> O                        | 1.475         | 1.619         | 1.544         | 1.562         | 1.477         | 1.542         | 0.199          | 0.175          |
| MgO                                      | 1.887         | 0.370         | 0.444         | 0.358         | 0.312         | 0.317         | 2.175          | 1.914          |
| K <sub>2</sub> O                         | 8.684         | 9.406         | 9.661         | 9.269         | 8.901         | 9.261         | 11.647         | 11.576         |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.049         | 0.218         | 0.062         | 0.095         | 0.031         | 0.084         | 0.082          | 0.232          |
| FeO                                      | 0.904         | 1.023         | 0.748         | 0.929         | 0.405         | 0.857         | 3.324          | 3.262          |
| SiO <sub>2</sub>                         | 45.247        | 44.952        | 44.458        | 44.7          | 46.675        | 44.785        | 47.392         | 46.748         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 34.736        | 35.285        | 34.856        | 35.257        | 35.366        | 35.403        | 27.91          | 28.253         |
| CaO                                      | 0.035         | 0             | 0.024         | 0.007         | 0             | 0             | 0.019          | 0.004          |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.099         | 0.011         | 0.043         | 0             | 0             | 0.041         | 0              | 0              |
| MnO                                      | 0.006         | 0             | 0             | 0.005         | 0             | 0.001         | 0.025          | 0.034          |
| <b>Total</b>                             | <b>93.122</b> | <b>92.884</b> | <b>91.84</b>  | <b>92.182</b> | <b>93.167</b> | <b>92.291</b> | <b>92.773</b>  | <b>92.198</b>  |
| Nombre d'ions recalculés sur 12 oxygènes |               |               |               |               |               |               |                |                |
| Na                                       | 0.2184        | 0.2421        | 0.2340        | 0.2349        | 0.2173        | 0.2314        | 0.0308         | 0.0272         |
| Mg                                       | 0.2148        | 0.0425        | 0.0517        | 0.0414        | 0.0353        | 0.0366        | 0.2585         | 0.2289         |
| K  | 0.0008        | 0.0009        | 0.0010        | 0.0009        | 0.0009        | 0.0009        | 0.0012         | 0.0012         |
| Ti                                       | 0.0028        | 0.0126        | 0.0036        | 0.0055        | 0.0018        | 0.0049        | 0.0049         | 0.0140         |
| Fe                                       | 0.0577        | 0.0660        | 0.0489        | 0.0603        | 0.0257        | 0.0555        | 0.2216         | 0.2188         |
| Si                                       | 3.4554        | 3.4667        | 3.4757        | 3.4671        | 3.5414        | 3.4668        | 3.7785         | 3.7503         |
| Al                                       | 3.1262        | 3.2069        | 3.2114        | 3.2228        | 3.1624        | 3.2297        | 2.6225         | 2.6712         |
| Ca                                       | 0.0029        | 0.0000        | 0.0020        | 0.0006        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0016         | 0.0003         |
| Cr                                       | 0.0060        | 0.0007        | 0.0027        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0025        | 0.0000         | 0.0000         |
| Mn                                       | 0.0004        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0003        | 0.0000        | 0.0001        | 0.0017         | 0.0023         |
| <b>Total</b>                             | <b>7.0854</b> | <b>7.0384</b> | <b>7.0311</b> | <b>7.0338</b> | <b>6.9847</b> | <b>7.0284</b> | <b>6.9213</b>  | <b>6.9143</b>  |

## Appendice B – Résultats des analyses des sérictites à la microsonde électronique (suite).

|  | Carto134P-Ser3 | Carto134P-Ser4 | Carto134P-Ser5 | Carto134P-Ser6 | Carto134P-Ser7 | D3-9P-cl-Ser1 | D3-9P-cl-Ser2 | D3-9P-cl-Ser3 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|  | % poids        |                |                |                |                |               |               |               |
| Na <sub>2</sub> O                        | 0.226          | 0.203          | 0.160          | 0.208          | 0.239          | 1.512         | 1.543         | 1.662         |
| MgO                                      | 1.765          | 1.820          | 2.326          | 1.767          | 2.370          | 0.356         | 0.397         | 0.313         |
| K <sub>2</sub> O                         | 11.514         | 11.639         | 11.712         | 11.474         | 11.41          | 9.658         | 9.649         | 9.199         |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.248          | 0.23           | 0.094          | 0.295          | 0.068          | 0.187         | 0.106         | 0.142         |
| FeO                                      | 3.066          | 3.484          | 3.217          | 3.407          | 3.269          | 1.973         | 2.28          | 1.943         |
| SiO <sub>2</sub>                         | 46.455         | 46.243         | 47.744         | 45.973         | 47.665         | 44.149        | 44.609        | 44.253        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 29.148         | 28.427         | 27.483         | 28.832         | 27.194         | 33.786        | 34.314        | 34.714        |
| CaO                                      | 0.016          | 0.048          | 0.025          | 0.014          | 0.033          | 0.016         | 0             | 0.021         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0              | 0.001          | 0              | 0              | 0.007          | 0.023         | 0             | 0.053         |
| MnO                                      | 0.015          | 0.01           | 0.037          | 0.012          | 0.024          | 0             | 0.006         | 0             |
| <b>Total</b>                             | <b>92.453</b>  | <b>92.105</b>  | <b>92.798</b>  | <b>91.982</b>  | <b>92.279</b>  | <b>91.66</b>  | <b>92.904</b> | <b>92.3</b>   |
| Nombre d'ions recalculés sur 12 oxygènes |                |                |                |                |                |               |               |               |
| Na                                       | 0.0350         | 0.0317         | 0.0247         | 0.0325         | 0.0370         | 0.2314        | 0.2330        | 0.2513        |
| Mg                                       | 0.2101         | 0.2186         | 0.2763         | 0.2121         | 0.2825         | 0.0419        | 0.0461        | 0.0364        |
| K  | 0.0012         | 0.0012         | 0.0012         | 0.0012         | 0.0012         | 0.0010        | 0.0010        | 0.0009        |
| Ti                                       | 0.0149         | 0.0139         | 0.0056         | 0.0179         | 0.0041         | 0.0111        | 0.0062        | 0.0083        |
| Fe                                       | 0.2047         | 0.2347         | 0.2144         | 0.2293         | 0.2186         | 0.1302        | 0.1485        | 0.1267        |
| Si                                       | 3.7099         | 3.7249         | 3.8045         | 3.7007         | 3.8113         | 3.4854        | 3.4751        | 3.4510        |
| Al                                       | 2.7433         | 2.6985         | 2.5809         | 2.7352         | 2.5626         | 3.1434        | 3.1503        | 3.1903        |
| Ca                                       | 0.0014         | 0.0041         | 0.0021         | 0.0012         | 0.0028         | 0.0014        | 0.0000        | 0.0018        |
| Cr                                       | 0.0000         | 0.0001         | 0.0000         | 0.0000         | 0.0004         | 0.0014        | 0.0000        | 0.0033        |
| Mn                                       | 0.0010         | 0.0007         | 0.0025         | 0.0008         | 0.0016         | 0.0000        | 0.0004        | 0.0000        |
| <b>Total</b>                             | <b>6.9216</b>  | <b>6.9283</b>  | <b>6.9123</b>  | <b>6.9307</b>  | <b>6.9222</b>  | <b>7.0473</b> | <b>7.0606</b> | <b>7.0700</b> |

Appendice B – Résultats des analyses des sérictes à la microsonde électronique (suite).

|  | D3-9P-c2-Ser1 | D3-9P-c2-Ser2 | D3-9P-c2-Ser3 |
|--|---------------|---------------|---------------|
|  | % poids       |               |               |
| Na <sub>2</sub> O                        | 1.339         | 1.442         | 1.390         |
| MgO                                      | 0.377         | 0.353         | 0.374         |
| K <sub>2</sub> O                         | 9.755         | 9.588         | 9.618         |
| TiO <sub>2</sub>                         | 0.256         | 0.237         | 0.128         |
| FeO                                      | 2.105         | 2.148         | 2.188         |
| SiO <sub>2</sub>                         | 44.4          | 44.184        | 43.998        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 33.888        | 33.563        | 34.305        |
| CaO                                      | 0.009         | 0.004         | 0.018         |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0.03          | 0             | 0.025         |
| MnO                                      | 0             | 0             | 0             |
| <b>Total</b>                             | <b>92.159</b> | <b>91.519</b> | <b>92.044</b> |
| Nombre d'ions recalculés sur 12 oxygènes |               |               |               |
| Na                                       | 0.2039        | 0.2210        | 0.2119        |
| Mg                                       | 0.0442        | 0.0416        | 0.0438        |
| K  | 0.0010        | 0.0010        | 0.0010        |
| Ti                                       | 0.0151        | 0.0141        | 0.0076        |
| Fe                                       | 0.1383        | 0.1420        | 0.1439        |
| Si                                       | 3.4878        | 3.4931        | 3.4594        |
| Al                                       | 3.1372        | 3.1271        | 3.1787        |
| Ca                                       | 0.0008        | 0.0003        | 0.0015        |
| Cr                                       | 0.0019        | 0.0000        | 0.0016        |
| Mn                                       | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        |
| <b>Total</b>                             | <b>7.0300</b> | <b>7.0402</b> | <b>7.0493</b> |

## Appendice B – Conditions des analyses de sulfures, d'alliages et de tellures à la microsonde électronique.

Nom de l'appareil : JXA JEOL-8900L  
 Accélération du voltage : 20 kV  
 Courant du faisceau : 20 nA  
 Grosseur du faisceau : 2-3 µm  
 Méthode de correction : ZAF

|                                | Fe     | S      | Ag       | Cu     | Bi      | Au       | Zn     | Cd     | Pb     |
|--------------------------------|--------|--------|----------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|
| Temps de comptage (s)          | 20     | 20     | 20       | 20     | 20      | 20       | 20     | 20     | 20     |
| Standards                      |        |        |          |        |         |          |        |        |        |
| Cpy                            | Cpy    | Cpy    | Au60Ag40 | Cpy    | AgBiSe2 | Au60Ag40 | Sph    | Gnk    | Gn     |
| Gnk                            | Cpy    | Gnk    | Au60Ag40 | Cpy    | AgBiSe2 | Au60Ag40 | Sph    | Gnk    | Gn     |
| Sph                            | Py     | Sph    | Au60Ag40 | Cpy    | AgBiSe2 | Au60Ag40 | Sph    | Gnk    | Gn     |
| Py/Él                          | Py     | Py     | Au60Ag40 | Cpy    | AgBiSe2 | Au60Ag40 | Sph    | Gnk    | Gn     |
| Limites de détection (% poids) |        |        |          |        |         |          |        |        |        |
| Cpy                            | 0.0298 | 0.0272 | 0.0182   | 0.05   | 0.0446  | 0.0301   | 0.0356 | 0.0378 | 0.0395 |
| Gnk                            | 0.0383 | 0.0275 | 0.0275   | 0.056  | 0.0497  | 0.0351   | 0.0416 | 0.1032 | 0.0388 |
| Sph                            | 0.033  | 0.0266 | 0.0266   | 0.0492 | 0.0443  | 0.0284   | 0.0611 | 0.067  | 0.0373 |
| Él                             | 0.0489 | 0.0196 | 0.0196   | 0.0733 | 0.1343  | 0.0831   | 0.0846 | 0.0961 | 0.0546 |
| Py                             | 0.0329 | 0.0284 | 0.0284   | 0.042  | 0.0463  | 0.0305   | 0.0308 | 0.0356 | 0.0452 |









Appendice B – Résultats des analyses de sulfures, d'alliages et de tellures à la microsonde électronique (suite).

|  | D6-1-Gal2      | D6-1-Cpy2       | D3-9P-Py1      |
|--|----------------|-----------------|----------------|
| Minéral                                  | Gn             | Cpy             | Py             |
|  | % poids        |                 |                |
| Fe                                       | 4.1220         | 30.3850         | 46.2790        |
| S  | 13.3450        | 35.0730         | 52.8590        |
| Ag                                       | 0.0350         | 0.0080          | 0.0060         |
| Cu                                       | 0.4320         | 34.6710         | 0.0000         |
| Bi                                       | 0.0890         | 0.0270          | 0.0000         |
| Au                                       | 0.0130         | 0.0100          | 0.0110         |
| Zn                                       | 0.0190         | 0.0000          | 0.0030         |
| Cd                                       | 0.0460         | 0.0130          | 0.0000         |
| Pb                                       | 69.6880        | 0.0000          | 0.0000         |
| <b>Total</b>                             | <b>87.7890</b> | <b>100.1870</b> | <b>99.1580</b> |
| Valeurs recalculées sur un total de 100% |                |                 |                |
| Fe                                       | 4.6953         | 30.3283         | 46.6720        |
| S  | 15.2012        | 35.0075         | 53.3079        |
| Ag                                       | 0.0399         | 0.0080          | 0.0061         |
| Cu                                       | 0.4921         | 34.6063         | 0.0000         |
| Bi                                       | 0.1014         | 0.0269          | 0.0000         |
| Au                                       | 0.0148         | 0.0100          | 0.0111         |
| Zn                                       | 0.0216         | 0.0000          | 0.0030         |
| Cd                                       | 0.0524         | 0.0130          | 0.0000         |
| Pb                                       | 79.3812        | 0.0000          | 0.0000         |
| <b>Total</b>                             | <b>100</b>     | <b>100</b>      | <b>100</b>     |

## **APPENDICE C**

Résultats des analyses de métaux sur roche totale par absorption atomique

Appendice C – Résultats des analyses de métaux sur roche totale par absorption atomique.

| Échantillon | R0371  | R0372  | R0373  | R0374    | R0375  | R0376  | R0377    | R0378    | R0379  | R0380  |
|-------------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|
| Lithologie  | Vn Qtz | Vn Qtz | Vn Qtz | Vn Qtz   | Vn Qtz | Vn Qtz | Vn Qtz   | Sulfures | Vn Qtz | Vn Qtz |
| Cu (ppm)    | 379.0  | 1736.0 | 194.0  | 9.0      | 3631.0 | 240.0  | 449.0    | 84146.0  | 124.0  | 83.0   |
| Zn (ppm)    | 81.0   | 12.0   | 5.0    | 70.0     | 148.0  | 46.0   | 12.0     | 3137.0   | 29.0   | 27.0   |
| Au (ppb)    | 70.0   | 110.0  | 14.0   | 2.5      | 354.0  | 2.5    | 28.0     | 89.0     | 11.0   | 2.5    |
| Ag (g/t)    | 0.5    | 0.7    | 0.3    | 0.6      | 1.5    | 0.7    | 0.5      | 32.8     | 0.7    | 0.1    |
| Au (g/t)    | 0.07   | 0.11   | 0.014  | 0.0025   | 0.354  | 0.0025 | 0.028    | 0.089    | 0.011  | 0.0025 |
| Cu (%)      | 0.0379 | 0.1736 | 0.0194 | 0.0009   | 0.3631 | 0.024  | 0.0449   | 8.4146   | 0.0124 | 0.0083 |
| Zn (%)      | 0.0081 | 0.0012 | 0.0005 | 0.007    | 0.0148 | 0.0046 | 0.0012   | 0.3137   | 0.0029 | 0.0027 |
| Échantillon | R0382  | R0383  | R0384  | R0388    | R0392  | R0403  | R0404    | R0158    | R0176  | R0195  |
| Lithologie  | Vn Qtz | Vn Qtz | Vn Qtz | Sulfures | Vn Qtz | Vn Qtz | Sulfures | Sulfures | Vn Qtz | Vn Qtz |
| Cu (ppm)    | 35.0   | 62.0   | 9.0    | 129.0    | 27.0   | 12.0   | 6914.0   | 5        | 583    | 6      |
| Zn (ppm)    | 7.0    | 45.0   | 24.0   | 138.0    | 40.0   | 182.0  | 1107.0   | 17       | 203    | 5      |
| Au (ppb)    | 2.5    | 2.5    | 2.5    | 7.0      | 2.5    | 2.5    | 90.0     | <5       | 19     | <5     |
| Ag (g/t)    | 0.6    | 0.3    | 0.9    | 0.6      | 0.5    | 0.6    | 6.8      | <0.2     | 1.1    | <0.2   |
| Au (g/t)    | 0.0025 | 0.0025 | 0.0025 | 0.007    | 0.0025 | 0.0025 | 0.09     | 0        | 0.019  | 0      |
| Cu (%)      | 0.0035 | 0.0062 | 0.0009 | 0.0129   | 0.0027 | 0.0012 | 0.6914   | 0.0005   | 0.0583 | 0.0006 |
| Zn (%)      | 0.0007 | 0.0045 | 0.0024 | 0.0138   | 0.004  | 0.0182 | 0.1107   | 0.0017   | 0.0203 | 0.0005 |
| Échantillon | R0206  | R0221  | R0233  | R0237    | R0240  |        |          |          |        |        |
| Lithologie  | Vn Qtz | Vn Qtz | Vn Qtz | Sulfures | Vn Qtz |        |          |          |        |        |
| Cu (ppm)    | 4      | >10000 | 61     | >10000   | 96     |        |          |          |        |        |
| Zn (ppm)    | 3      | 66     | 15     | 43       | 28     |        |          |          |        |        |
| Au (ppb)    | <5     | 45     | <5     | 573      | <5     |        |          |          |        |        |
| Ag (g/t)    | <0.2   | 8.2    | <0.2   | 33.6     | 0.2    |        |          |          |        |        |
| Au (g/t)    | 0      | 0.045  | 0      | 0.573    | 0      |        |          |          |        |        |
| Cu (%)      | 0.0004 | 1.85   | 0.0061 | 6.28     | 0.0096 |        |          |          |        |        |
| Zn (%)      | 0.0003 | 0.0066 | 0.0015 | 0.0043   | 0.0028 |        |          |          |        |        |

## **APPENDICE D**

Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques

Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques.

| Échantillon  | R0150 | R0151 | R0152 | R0153  | R0154 | R0155 | R0156 | R0157 | R0159 | R0160 | R0161 | R0162  | R0163 | R0164  | R0165  | R0166 | R0167 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 61.47  | 33.75  | 0.00  | 0.00  |
| IFRAIS       | 72.98 | 88.09 | 62.63 | 100.00 | 67.40 | 57.11 | 62.11 | 98.43 | 77.03 | 67.76 | 85.75 | 12.90  | 38.40 | 0.48   | 0.00   | 53.50 | 71.44 |
| IOR          | 7.52  | 8.16  | 1.18  | 0.92   | 4.73  | 1.97  | 5.84  | 6.27  | 6.92  | 9.08  | 2.33  | 7.70   | 5.81  | 0.00   | 0.00   | 7.37  | 3.28  |
| IPAF         | 17.44 | 62.89 | 39.84 | 73.48  | 75.76 | 17.72 | 27.36 | 75.67 | 52.15 | 45.79 | 32.13 | 17.43  | 17.14 | 17.95  | 8.65   | 46.76 | 37.81 |
| IPARA        | 23.49 | 10.19 | 36.34 | 0.00   | 24.66 | 40.79 | 33.12 | 1.42  | 19.62 | 23.20 | 13.81 | 33.72  | 48.34 | 10.32  | 11.35  | 34.58 | 26.76 |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.58   | 3.93   | 0.00  | 0.00  |
| ISER         | 3.53  | 1.71  | 1.03  | 0.00   | 7.94  | 2.10  | 4.77  | 0.16  | 3.36  | 9.04  | 0.45  | 53.38  | 13.26 | 27.15  | 50.97  | 11.93 | 1.80  |
| Ishikawa     | 23.14 | 17.53 | 36.09 | 3.72   | 30.32 | 32.40 | 30.22 | 11.50 | 19.75 | 33.76 | 8.38  | 64.62  | 46.67 | 87.06  | 88.08  | 48.30 | 35.08 |
| Spitz        | 2.78  | 2.77  | 3.00  | 1.97   | 4.94  | 3.28  | 3.18  | 2.46  | 3.10  | 4.59  | 2.09  | 12.74  | 5.28  | 36.28  | 38.70  | 4.75  | 2.85  |
| Ind. Combiné | 29.45 | 22.02 | 40.12 | 5.69   | 43.20 | 37.78 | 38.16 | 14.11 | 26.21 | 47.39 | 10.93 | 130.73 | 65.21 | 212.54 | 215.43 | 64.98 | 39.73 |

| Échantillon  | R0168 | R0169  | R0170  | R0171 | R0172 | R0173 | R0174 | R0175  | R0177 | R0178  | R0179 | R0180 | R0181 | R0182 | R0183 | R0184 | R0185 |
|--------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ICHLO        | 0.00  | 12.67  | 37.62  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| IFRAIS       | 31.16 | 0.00   | 0.00   | 24.95 | 70.99 | 93.11 | 26.92 | 25.05  | 96.83 | 22.48  | 49.82 | 76.99 | 71.68 | 88.17 | 78.94 | 13.78 | 39.43 |
| IOR          | 6.62  | 0.00   | 0.00   | 5.66  | 10.99 | 3.38  | 8.60  | 9.09   | 6.89  | 9.30   | 12.29 | 6.95  | 2.83  | 5.64  | 4.53  | 6.66  | 4.93  |
| IPAF         | 47.17 | 14.89  | 10.32  | 12.93 | 57.27 | 55.28 | 3.30  | 9.46   | 79.68 | 13.66  | -3.79 | 39.54 | 56.64 | 70.32 | 49.69 | 23.37 | 30.59 |
| IPARA        | 35.35 | 25.57  | 23.64  | 58.29 | 17.38 | 6.58  | 51.61 | 36.41  | 2.81  | 40.69  | 26.10 | 20.01 | 24.74 | 10.52 | 18.66 | 59.24 | 43.99 |
| IPYRO        | 0.00  | 4.47   | 4.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| ISER         | 33.49 | 57.30  | 34.74  | 16.76 | 11.63 | 0.31  | 21.47 | 38.54  | 0.36  | 36.83  | 24.08 | 2.99  | 3.59  | 1.31  | 2.40  | 26.98 | 16.58 |
| Ishikawa     | 56.43 | 75.38  | 77.56  | 56.26 | 38.73 | 8.56  | 57.32 | 55.90  | 13.37 | 60.62  | 43.72 | 17.72 | 21.79 | 15.27 | 28.47 | 60.00 | 41.54 |
| Spitz        | 8.28  | 18.38  | 18.33  | 5.01  | 5.80  | 2.09  | 5.40  | 8.53   | 2.55  | 7.59   | 7.82  | 2.88  | 4.34  | 2.81  | 3.42  | 6.31  | 5.97  |
| Ind. Combiné | 98.21 | 168.19 | 172.25 | 78.03 | 56.16 | 10.96 | 84.19 | 102.96 | 16.29 | 105.04 | 75.62 | 23.60 | 29.72 | 19.40 | 34.28 | 93.29 | 64.09 |



## Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques (suite).

| Échantillon  | R0186 | R0187 | R0188 | R0189 | R0190  | R0191  | R0192 | R0193 | R0194 | R0196 | R0197  | R0198 | R0199 | R0200 | R0201 | R0202 | R0203 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 41.17  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| IFRAIS       | 32.89 | 80.81 | 42.18 | 29.50 | 0.00   | 100.00 | 83.64 | 71.65 | 75.59 | 50.51 | 100.00 | 80.51 | 94.22 | 72.33 | 42.83 | 94.90 | 69.79 |
| IOR          | 3.65  | 6.47  | 10.58 | 5.05  | 2.14   | 10.91  | 8.32  | 5.38  | 9.32  | 11.98 | 9.71   | 3.43  | 6.15  | 4.46  | 12.52 | 7.36  | 2.92  |
| IPAF         | 72.12 | -5.03 | 2.94  | 8.05  | 12.47  | 80.64  | 65.80 | 15.58 | 6.01  | -3.51 | 54.22  | 45.45 | 71.71 | 69.83 | 15.42 | 78.83 | 10.12 |
| IPARA        | 47.89 | 17.35 | 28.93 | 59.02 | 24.19  | 0.00   | 14.09 | 25.49 | 20.71 | 28.76 | 0.00   | 17.73 | 5.05  | 17.72 | 28.20 | 4.53  | 28.67 |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.10   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| ISER         | 19.21 | 1.84  | 28.89 | 11.48 | 34.54  | 0.00   | 2.27  | 2.86  | 3.70  | 20.73 | 0.00   | 1.76  | 0.73  | 9.96  | 28.97 | 0.57  | 1.54  |
| Ishikawa     | 32.12 | 14.56 | 45.92 | 55.69 | 81.67  | 21.22  | 18.07 | 21.64 | 22.49 | 42.25 | 22.67  | 34.92 | 16.72 | 31.58 | 51.83 | 13.60 | 27.26 |
| Spitz        | 5.57  | 2.35  | 8.68  | 4.44  | 16.05  | 3.23   | 2.64  | 2.94  | 2.67  | 6.65  | 4.57   | 3.61  | 2.95  | 6.92  | 7.57  | 2.41  | 2.75  |
| Ind. Combiné | 56.91 | 18.75 | 83.50 | 71.61 | 173.53 | 24.46  | 22.98 | 27.44 | 28.85 | 69.64 | 27.23  | 40.28 | 20.40 | 48.46 | 88.36 | 16.58 | 31.55 |

| Échantillon  | R0204 | R0205 | R0207 | R0208 | R0209 | R0210 | R0211 | R0212 | R0213 | R0214 | R0215 | R0216  | R0217 | R0218 | R0219 | R0220 | R0222  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 40.38  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 44.78  |
| IFRAIS       | 80.58 | 68.26 | 90.32 | 40.06 | 94.61 | 21.19 | 70.15 | 81.40 | 94.23 | 62.92 | 56.22 | 0.00   | 85.07 | 68.02 | 99.53 | 55.33 | 0.00   |
| IOR          | 8.43  | 8.52  | 2.62  | 7.50  | 5.08  | 4.62  | 6.61  | 11.06 | 5.26  | 18.84 | 9.37  | 0.00   | 0.84  | 1.58  | 3.88  | 7.87  | 0.00   |
| IPAF         | 12.70 | 6.31  | 38.15 | 37.89 | 77.05 | 6.58  | 9.27  | 27.51 | 67.83 | -0.16 | 47.83 | 6.65   | 23.82 | 10.98 | 56.33 | 53.10 | 3.69   |
| IPARA        | 15.87 | 26.63 | 9.34  | 33.66 | 5.02  | 64.82 | 26.16 | 10.34 | 5.33  | 20.15 | 25.23 | 24.01  | 14.75 | 31.16 | 0.44  | 20.18 | 7.97   |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 10.77  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.85   |
| ISER         | 3.54  | 5.11  | 0.34  | 26.28 | 0.38  | 13.98 | 3.69  | 8.26  | 0.43  | 16.92 | 18.55 | 24.85  | 0.17  | 0.82  | 0.02  | 24.49 | 42.40  |
| Ishikawa     | 30.65 | 23.08 | 7.78  | 47.97 | 9.52  | 60.98 | 24.52 | 34.79 | 11.06 | 46.45 | 43.52 | 84.85  | 17.33 | 30.25 | 14.44 | 44.26 | 89.43  |
| Spitz        | 4.10  | 2.94  | 2.13  | 7.58  | 2.17  | 4.91  | 3.03  | 8.53  | 2.26  | 6.32  | 6.50  | 17.57  | 2.21  | 2.55  | 2.19  | 9.38  | 52.97  |
| Ind. Combiné | 38.29 | 31.13 | 10.25 | 81.84 | 12.07 | 79.87 | 31.23 | 51.58 | 13.75 | 69.70 | 68.58 | 178.41 | 19.71 | 33.62 | 16.65 | 78.12 | 234.44 |

## Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques (suite).

| Échantillon  | R0223  | R0224  | R0225  | R0226  | R0227  | R0228  | R0229  | R0230  | R0231  | R0232  | R0234  | R0235  | R0236 | R0238  | R0239  | R0381 | R0385 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| ICHLO        | 54.98  | 72.76  | 41.90  | 53.19  | 63.70  | 61.65  | 65.07  | 42.94  | 19.75  | 2.21   | 66.50  | 38.06  | 0.00  | 47.85  | 42.79  | 0.00  | 0.00  |
| IFRAIS       | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 87.81 | 0.00   | 0.00   | 86.41 | 64.60 |
| IOR          | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 4.11   | 0.00   | 0.00   | 4.85  | 1.05   | 0.00   | 2.34  | 4.83  |
| IPAF         | 7.14   | 6.89   | 18.37  | 5.40   | 7.36   | 8.94   | 5.79   | 67.98  | 98.64  | 7.76   | 6.84   | 32.88  | 67.89 | 10.57  | 4.20   | 4.74  | 0.35  |
| IPARA        | 5.72   | 5.80   | 7.97   | 7.61   | 7.37   | 4.86   | 4.49   | 8.96   | 17.42  | 37.03  | 6.39   | 11.07  | 10.51 | 20.57  | 10.17  | 12.83 | 29.61 |
| IPYRO        | 3.57   | 6.40   | 0.12   | 4.70   | 4.53   | 8.77   | 7.36   | 0.04   | 0.00   | 0.00   | 1.89   | 0.31   | 0.00  | 0.44   | 2.78   | 0.00  | 0.00  |
| ISER         | 35.73  | 13.81  | 50.01  | 34.50  | 24.40  | 24.72  | 23.09  | 48.05  | 62.83  | 60.76  | 25.22  | 50.56  | 1.67  | 31.14  | 44.27  | 0.76  | 5.79  |
| Ishikawa     | 93.96  | 93.46  | 89.77  | 90.66  | 92.13  | 92.95  | 92.32  | 88.01  | 82.24  | 73.93  | 92.87  | 86.70  | 17.47 | 82.96  | 88.58  | 21.51 | 32.18 |
| Spitz        | 71.41  | 66.69  | 53.67  | 53.81  | 53.52  | 80.84  | 86.76  | 42.60  | 25.34  | 13.17  | 61.52  | 38.36  | 3.55  | 18.83  | 42.00  | 4.09  | 5.62  |
| Ind. Combiné | 259.65 | 253.12 | 235.47 | 236.86 | 238.28 | 268.94 | 274.60 | 221.65 | 190.16 | 150.07 | 248.00 | 214.00 | 22.69 | 181.22 | 220.41 | 26.36 | 43.59 |

| Échantillon  | R0386 | R0387 | R0389 | R0390 | R0391 | R0393 | R0394 | R0395 | R0396  | R0397  | R0398 | R0399 | R0400  | R0401  | R0402  | R0405 | R0406  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 54.73  | 48.05  | 0.00  | 0.00  | 49.52  | 39.03  | 36.96  | 0.00  | 42.49  |
| IFRAIS       | 93.15 | 78.47 | 49.03 | 42.08 | 63.80 | 82.31 | 66.22 | 78.31 | 0.00   | 11.40  | 89.45 | 32.76 | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 63.60 | 0.00   |
| IOR          | 6.84  | 3.84  | 8.33  | 7.61  | 8.97  | 2.09  | 2.01  | 11.87 | 0.00   | 0.00   | 10.44 | 5.03  | 0.00   | 4.19   | 3.86   | 8.99  | 0.63   |
| IPAF         | 60.71 | 6.74  | 23.91 | 36.04 | 36.64 | 2.98  | 9.20  | 79.64 | 4.56   | 32.56  | 82.06 | 11.52 | 3.11   | 3.98   | 4.45   | 5.66  | 9.43   |
| IPARA        | 5.68  | 18.91 | 36.64 | 33.98 | 27.89 | 17.18 | 32.63 | 12.56 | 4.64   | 4.32   | 7.28  | 57.30 | 4.97   | 23.32  | 23.75  | 29.61 | 5.09   |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.17   | 0.03   | 0.00  | 0.00  | 0.33   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.41   |
| ISER         | 1.16  | 2.62  | 14.33 | 23.94 | 8.31  | 0.51  | 1.15  | 9.13  | 40.45  | 36.19  | 3.27  | 9.94  | 45.17  | 37.65  | 39.30  | 6.78  | 52.01  |
| Ishikawa     | 30.99 | 22.82 | 41.70 | 47.79 | 31.88 | 12.68 | 28.26 | 45.47 | 92.81  | 76.57  | 41.16 | 57.09 | 92.05  | 84.15  | 82.90  | 27.83 | 92.71  |
| Spitz        | 3.61  | 5.11  | 4.65  | 6.63  | 3.88  | 2.14  | 2.61  | 5.67  | 87.59  | 82.27  | 4.46  | 4.23  | 81.95  | 16.76  | 16.69  | 3.20  | 78.89  |
| Ind. Combiné | 35.76 | 30.55 | 60.68 | 78.36 | 44.06 | 15.34 | 32.02 | 60.26 | 275.76 | 243.11 | 48.89 | 71.25 | 269.03 | 177.60 | 175.84 | 37.81 | 266.51 |

## Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques (suite).

| Échantillon  | R0407  | R0408  | R0409  | R0410  | R0411 | R0412 | R0413 | R0414  | R0415  | R0416  | R0417  | R0418  | R0419  | R0420  | R0421  | R0422  | R0423  |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ICHLO        | 41.39  | 48.66  | 26.84  | 22.64  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 41.98  | 55.37  | 6.36   | 30.22  | 39.91  | 0.00   | 39.77  | 52.39  | 33.57  | 37.42  |
| IFRAIS       | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 26.96 | 64.14 | 78.44 | 1.58   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 25.21  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| IOR          | 0.00   | 0.00   | 4.24   | 1.23   | 8.14  | 6.87  | 7.37  | 0.00   | 0.00   | 5.81   | 0.00   | 0.37   | 4.66   | 0.85   | 0.00   | 0.87   | 0.48   |
| IPAF         | 7.05   | 4.46   | 6.90   | 5.07   | 14.67 | 31.44 | 52.18 | 20.39  | 5.65   | 6.59   | 21.76  | 14.27  | 47.14  | 5.78   | 7.93   | 9.49   | 3.20   |
| IPARA        | 6.04   | 7.85   | 29.56  | 14.90  | 43.99 | 29.84 | 18.40 | 12.98  | 6.10   | 59.95  | 15.34  | 16.31  | 37.80  | 15.86  | 5.64   | 8.84   | 10.48  |
| IPYRO        | 0.33   | 0.30   | 0.00   | 0.13   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.41   | 0.37   | 0.00   | 0.21   | 0.35   | 0.00   | 0.38   | 0.41   | 0.28   | 0.37   |
| ISER         | 52.24  | 43.19  | 43.59  | 62.33  | 29.05 | 6.02  | 3.16  | 43.06  | 38.15  | 33.69  | 54.23  | 43.43  | 36.99  | 43.99  | 41.55  | 57.31  | 51.73  |
| Ishikawa     | 91.64  | 90.50  | 80.91  | 86.52  | 58.39 | 31.43 | 20.93 | 80.56  | 92.44  | 73.68  | 78.07  | 82.59  | 59.36  | 84.67  | 93.68  | 89.27  | 88.42  |
| Spitz        | 69.32  | 52.28  | 14.30  | 29.42  | 6.33  | 3.47  | 3.00  | 30.87  | 65.14  | 7.95   | 27.49  | 24.73  | 9.46   | 25.68  | 70.76  | 47.14  | 39.78  |
| Ind. Combiné | 254.92 | 234.93 | 165.65 | 201.04 | 93.78 | 40.91 | 27.09 | 196.87 | 251.47 | 121.69 | 190.22 | 191.01 | 105.81 | 194.49 | 258.79 | 227.58 | 217.72 |

| Échantillon  | R0424  | R0425 | R0426 | R0427 | R0428  | R0429 | R0430 | R0431 | R0432 | R0433 | R0434  | R0435  | R0436 | R0437  | R0438 | R0702 | R0703  |
|--------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| ICHLO        | 10.40  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| IFRAIS       | 0.06   | 77.48 | 49.39 | 38.27 | 21.63  | 49.15 | 96.64 | 71.00 | 52.07 | 61.19 | 6.29   | 100.00 | 93.96 | 100.00 | 52.26 | 47.27 | 100.00 |
| IOR          | 1.46   | 7.21  | 10.25 | 9.55  | 10.18  | 6.11  | 7.70  | 6.18  | 11.18 | 11.74 | 7.14   | 8.57   | 2.89  | 4.72   | 6.58  | 6.43  | 2.86   |
| IPAF         | 18.65  | 44.99 | 43.44 | 8.96  | 8.91   | 14.18 | 65.00 | 52.43 | 21.52 | 11.69 | 13.36  | 95.18  | 76.79 | 86.29  | 52.12 | 56.92 | 84.10  |
| IPARA        | 35.58  | 19.60 | 32.90 | 44.58 | 42.51  | 43.60 | 2.86  | 22.26 | 35.88 | 30.06 | 48.36  | 0.00   | 5.11  | 0.00   | 32.45 | 29.87 | 0.00   |
| IPYRO        | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| ISER         | 53.95  | 2.93  | 17.70 | 17.15 | 35.86  | 7.25  | 0.50  | 6.73  | 12.05 | 8.75  | 45.35  | 0.00   | 0.92  | 0.00   | 15.29 | 22.86 | 0.00   |
| Ishikawa     | 66.24  | 19.08 | 57.26 | 59.10 | 69.25  | 44.94 | 23.10 | 45.64 | 52.76 | 47.21 | 68.22  | 33.37  | 41.75 | 36.79  | 52.40 | 50.54 | 35.71  |
| Spitz        | 13.10  | 2.75  | 5.53  | 4.72  | 7.41   | 3.55  | 3.02  | 4.98  | 3.94  | 3.45  | 9.02   | 3.32   | 4.85  | 4.17   | 6.01  | 7.50  | 3.69   |
| Ind. Combiné | 143.70 | 24.75 | 80.50 | 80.96 | 112.52 | 55.74 | 26.62 | 57.35 | 68.74 | 59.41 | 122.59 | 36.69  | 47.52 | 40.96  | 73.70 | 80.90 | 39.40  |

## Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques (suite).

| Échantillon  | R0704 | R0705  | R0706 | R0707 | R0708 | R0709 | R0710 | R0711 | R0712 | R0713 | R0714 | R0715 | R0716 | R0717 | R0719 | R0720 | R0721  |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| IFRAIS       | 63.51 | 3.57   | 57.10 | 51.78 | 78.93 | 73.93 | 84.36 | 29.09 | 57.56 | 90.55 | 84.21 | 56.80 | 75.46 | 85.08 | 47.52 | 69.91 | 0.77   |
| IOR          | 7.09  | 2.30   | 0.05  | 4.94  | 7.11  | 5.31  | 0.32  | 1.87  | 0.34  | 4.36  | 3.90  | 4.87  | 3.83  | 1.88  | 6.48  | 5.87  | 1.33   |
| IPAF         | 14.08 | 23.56  | 11.95 | 53.42 | 65.73 | 61.86 | 18.31 | 29.61 | 45.22 | 32.15 | -8.97 | 10.56 | 51.37 | 15.22 | 32.52 | 56.96 | 27.81  |
| IPARA        | 31.05 | 52.62  | 42.83 | 39.15 | 17.22 | 22.71 | 15.38 | 51.18 | 35.93 | 8.53  | 14.94 | 34.57 | 22.47 | 13.27 | 40.04 | 25.27 | 54.85  |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   |
| ISER         | 5.44  | 43.82  | 0.07  | 9.07  | 3.86  | 3.36  | 0.26  | 16.12 | 6.52  | 0.92  | 0.86  | 8.63  | 2.07  | 1.64  | 12.44 | 4.82  | 44.38  |
| Ishikawa     | 24.55 | 51.77  | 38.90 | 24.67 | 19.45 | 15.97 | 31.12 | 58.90 | 40.05 | 30.93 | 13.15 | 41.23 | 13.66 | 29.80 | 30.66 | 23.80 | 53.52  |
| Spitz        | 3.06  | 8.82   | 4.76  | 4.09  | 3.54  | 3.20  | 8.13  | 8.83  | 8.06  | 3.55  | 2.36  | 6.77  | 2.96  | 10.61 | 4.49  | 3.56  | 8.86   |
| Ind. Combiné | 33.05 | 104.40 | 43.73 | 37.83 | 26.84 | 22.53 | 39.50 | 87.46 | 54.62 | 35.41 | 16.36 | 56.63 | 18.69 | 42.05 | 47.59 | 32.18 | 106.76 |

| Échantillon  | R0722 | R0723 | R0724 | R0725 | R0726 | R0727 | R0728 | R0729 | R0730 | R0731 | R0732 | R0733 | R0734 | R0735 | R0736  | R0737  | R0738  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ICHLO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 45.33  | 53.65  |
| IFRAIS       | 58.11 | 66.80 | 72.86 | 75.85 | 82.11 | 58.60 | 66.54 | 73.59 | 75.04 | 43.67 | 53.94 | 76.33 | 69.39 | 89.49 | 100.00 | 0.00   | 0.00   |
| IOR          | 3.48  | 5.88  | 7.94  | 2.02  | 3.63  | 0.84  | 0.52  | 6.67  | 5.15  | 2.85  | 1.04  | 0.48  | 5.31  | 0.56  | 0.37   | 0.00   | 0.00   |
| IPAF         | 36.69 | 48.82 | 67.30 | 33.61 | 54.53 | 13.76 | 6.13  | 58.69 | 53.10 | 15.87 | 6.54  | 11.13 | 43.92 | 26.14 | 40.10  | 7.16   | 6.69   |
| IPARA        | 37.21 | 23.80 | 19.90 | 23.21 | 16.71 | 39.88 | 32.85 | 21.60 | 21.60 | 48.35 | 43.97 | 22.95 | 26.50 | 10.31 | 0.00   | 12.50  | 5.06   |
| IPYRO        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.44   | 0.01   |
| ISER         | 4.68  | 9.40  | 7.24  | 0.94  | 1.17  | 1.51  | 0.62  | 4.81  | 3.36  | 7.98  | 2.09  | 0.72  | 4.11  | 0.20  | 0.00   | 41.73  | 41.27  |
| Ishikawa     | 56.89 | 46.06 | 34.47 | 20.71 | 13.60 | 42.51 | 38.32 | 24.54 | 16.00 | 55.49 | 40.63 | 29.36 | 18.66 | 35.79 | 16.67  | 88.30  | 93.02  |
| Spitz        | 4.66  | 5.96  | 4.50  | 2.76  | 2.59  | 6.39  | 5.95  | 3.66  | 3.40  | 7.25  | 6.56  | 9.30  | 3.36  | 5.34  | 3.23   | 32.34  | 81.72  |
| Ind. Combiné | 66.22 | 61.42 | 46.21 | 24.41 | 17.36 | 50.41 | 44.90 | 33.01 | 22.75 | 70.72 | 49.28 | 39.38 | 26.13 | 41.33 | 19.90  | 208.14 | 269.68 |

## Appendice D – Indices normatifs NORMAT des échantillons lithogéochimiques (suite).

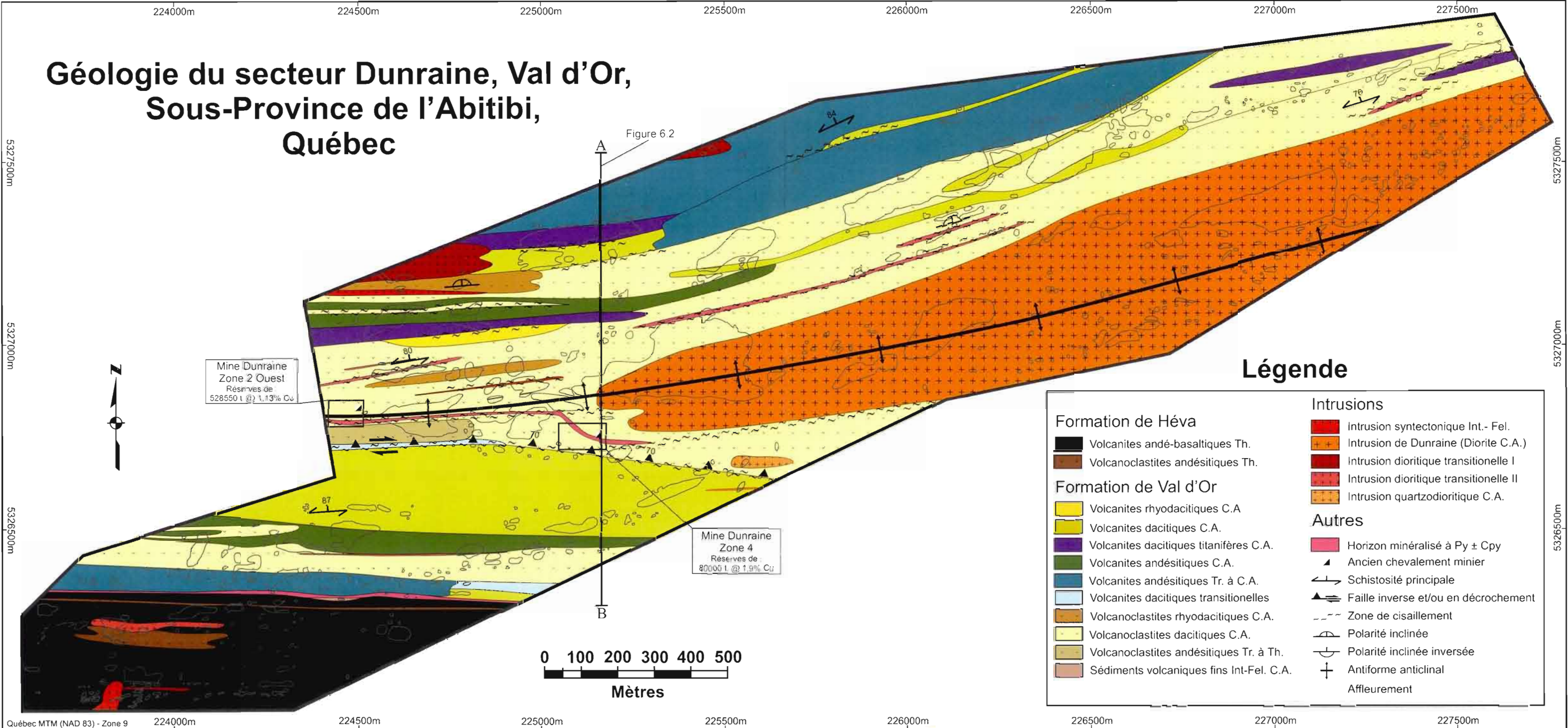
| Échantillon  | R0739  | R0740  | R0741  | R0742  | R0743  | R0744 | R0745 | R0746 | R0747 | R0748 | R0749 | R0750  | R0751  | R0752 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| ICHLO        | 45.92  | 51.38  | 47.19  | 60.13  | 40.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  |
| IFRAIS       | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 45.15 | 43.78 | 73.34 | 70.04 | 89.14 | 80.78 | 9.65   | 89.37  | 58.78 |
| IOR          | 0.94   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 3.92  | 5.58  | 4.76  | 6.51  | 0.94  | 11.07 | 7.99   | 3.93   | 5.71  |
| IPAF         | 6.64   | 7.62   | 5.50   | 7.10   | 7.87   | 10.36 | 39.67 | -1.81 | 50.38 | 58.49 | 28.05 | 5.62   | -14.11 | 26.27 |
| IPARA        | 17.17  | 10.07  | 5.50   | 5.74   | 11.53  | 49.54 | 44.13 | 24.52 | 25.53 | 10.37 | 15.95 | 44.05  | 9.34   | 34.24 |
| IPYRO        | 0.45   | 0.18   | 2.38   | 1.68   | 0.23   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00  |
| ISER         | 36.47  | 38.38  | 44.94  | 32.46  | 48.23  | 5.31  | 12.09 | 2.14  | 4.43  | 0.49  | 3.27  | 46.31  | 1.29   | 6.99  |
| Ishikawa     | 87.86  | 90.65  | 92.60  | 93.54  | 88.91  | 46.67 | 53.63 | 14.29 | 17.69 | 51.71 | 42.65 | 71.25  | 30.84  | 27.48 |
| Spitz        | 22.95  | 40.88  | 76.58  | 70.20  | 36.95  | 3.51  | 4.90  | 2.53  | 3.15  | 5.22  | 2.89  | 9.25   | 5.77   | 3.98  |
| Ind. Combiné | 193.64 | 221.46 | 263.68 | 258.00 | 214.33 | 55.50 | 70.62 | 18.96 | 25.27 | 57.41 | 48.82 | 126.80 | 37.90  | 38.45 |

## **APPENDICE E**

Carte géologique du secteur de Dunraine (présentée en pochette)



Géologie du secteur Dunraine, Val d'Or,  
Sous-Province de l'Abitibi,  
Québec



Légende

Formation de Héva

- Volcanites andé-basaltiques Th.
- Volcanoclastites andésitiques Th.

Formation de Val d'Or

- Volcanites rhyodacitiques C.A.
- Volcanites dacitiques C.A.
- Volcanites dacitiques titanifères C.A.
- Volcanites andésitiques C.A.
- Volcanites andésitiques Tr. à C.A.
- Volcanites dacitiques transitionnelles
- Volcanoclastites rhyodacitiques C.A.
- Volcanoclastites dacitiques C.A.
- Volcanoclastites andésitiques Tr. à Th.
- Sédiments volcaniques fins Int-Fel. C.A.

Intrusions

- Intrusion syntectonique Int.- Fel.
- Intrusion de Dunraine (Diorite C.A.)
- Intrusion dioritique transitionnelle I
- Intrusion dioritique transitionnelle II
- Intrusion quartzodioritique C.A.

Autres

- Horizon minéralisé à Py ± Cpy
- Ancien chevalement minier
- Schistosité principale
- Faïlle inverse et/ou en décrochement
- Zone de cisaillement
- Polarité inclinée
- Polarité inclinée inversée
- Antiforme anticlinal
- Affleurement